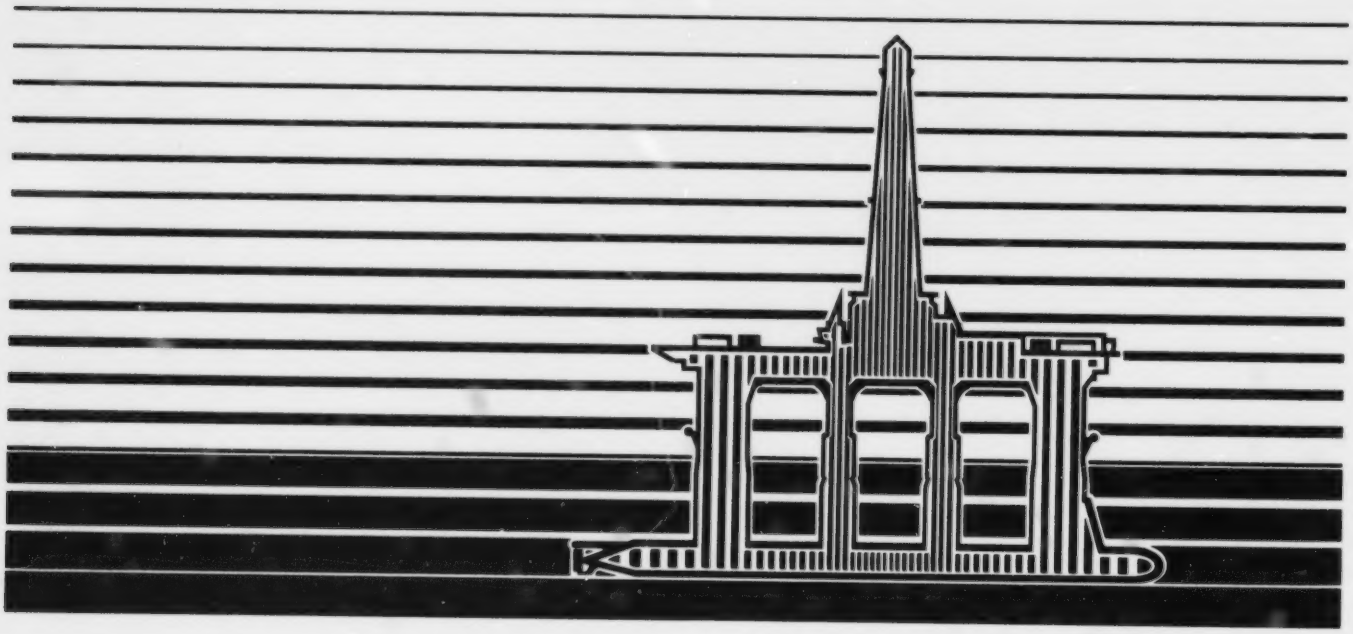
Royal Commission on the
Ocean Ranger Marine Disaster

Canada

Commission Royale sur le
Désastre Marin de l'*Ocean Ranger*

Newfoundland & Labrador



Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. ***Actes de la Conférence, 1984***

La Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* a été créée et subventionnée conjointement par les gouvernements du Canada et de Terre-Neuve

Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. ***Actes de la conférence, 1984***

Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. ***Actes de la Conférence, 1984***

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste auprès du:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue Z 1-1982/1-4F
ISBN 0-660-91468-9

Canada: 16,75 $
à l'étranger: 20,10 $

Prix sujet à changement sans avis préalable

Les deux rapports de la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* se composent des quatre volumes suivants:

Volume 1 **Rapport premier: La perte de l'installation de forage semi-submersible *Ocean Ranger* et de son équipage**

Volume 2 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada**

Volume 3 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. *Études et ateliers***

Volume 4 **Deuxième rapport: La sécurité au large de la côte est du Canada. *Actes de la Conférence, 1984***

Le volume quatre reproduit les actes de la Conférence internationale sur la sécurité au large de la côte est du Canada qui s'est tenue à Saint-Jean, Terre-Neuve, du 21 au 23 août 1984.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS i

PREMIÈRE SÉANCE

INTRODUCTION 3
L. Harris
Mot de bienvenue

L'honorable T. Alexander Hickman, Juge en chef 5
Observations liminaires

O.M. Solandt 7
Présentation de la Conférence

G.R. Harrison 9
Discours-programme

DEUXIÈME SÉANCE
R.A. Hemstock
président

L'ENVIRONNEMENT ET LA CONCEPTION 21
Introduction

Document B1 23
Facteurs environnementaux critiques au large de la côte est du Canada
W.L. Ford

Commentaires des participants à la discussion
L. Draper, W. Speller

Document B2 32
Incidence des facteurs environnementaux sur la conception
C.A. Bainbridge

Commentaires des participants à la discussion
B.P.M. Sharples, G.P. Vance

Résumé de la discussion générale

Document C1 55
Principes et processus de conception relatifs à la sécurité en mer
W.H. Michel

Commentaires des participants à la discussion
T. Haavie, W. Martinovich

L'ENVIRONNEMENT ET LA CONCEPTION (suite)

Document C2 — 69
Systèmes critiques et continuité de la responsabilité technique
A.M. Koehler, D.R. Ray, A.A. Broussard

Commentaires des participants à la discussion
F. Atkinson, M. Vermij

Résumé de la discussion générale

TROISIÈME SÉANCE
G.M. MacNabb
président

L'INTERACTION DE L'HOMME ET DE LA MACHINE — 81
Introduction

Document D — 83
Le savoir-faire de l'opérateur devant la technologie des systèmes critiques
P. Foley

Commentaires des participants à la discussion
H. Haakonson, H.L. Zinkgraf

Résumé de la discussion générale

Document E — 93
Organisation et gestion
R. McGrath

Commentaires des participants à la discussion
J. Hielm, F. Williford

Résumé de la discussion générale

QUATRIÈME SÉANCE
A.J. Mooradian
président

LES SITUATIONS D'URGENCE — 107
Introduction

Document F — 109
Évacuation et survie
C. Shaar

Commentaires des participants à la discussion
C. Brooks, D.J. Riffe

Résumé de la discussion générale

Document G — 121
Aperçu de la recherche opérationnelle sur un système de sauvetage permettant d'intervenir efficacement dans les situations d'urgence en milieu océanique froid
E. Klippenberg

Commentaires des participants à la discussion
I. Denness, G.R. Lindsey

Résumé de la discussion générale

CINQUIÈME SÉANCE
J.E. Hodgetts
président

LA RÉGLEMENTATION 139
Introduction

Document H
Mécanismes de contrôle pour une véritable sécurité des opérations

Documents H1, H2, H3, H4
I. Manum 141
G.L. Hargreaves 143
T.S. McIntosh 147
C. Bonke 151

Résumé des discussions entre les conférenciers

Résumé de la discussion générale

SIXIÈME SÉANCE
O.M. Solandt
président

CONCLUSION 161
Introduction

Allocutions-synthèses par les présidents de séances
R.A. Hemstock 163
G.M. MacNabb 165
A.J. Mooradian 169
J.E. Hodgetts 171

Résumé de la discussion générale

Allocutions de clôture
O.M. Solandt 179
L'honorable juge en chef, T.A. Hickman 185

APPENDICES
A. Causerie du dîner 189
M. L. Kerwin
Président
Conseil national de recherches du Canada

B. Liste des principaux conférenciers 197

C. Liste des participants à la discussion 199

D. Liste des participants 203

E. Comité du programme de la Conférence 209

F. Présidents 211

AVANT-PROPOS

La Commission royale a pour mandat d'enquêter sur la perte de la plate-forme de forage *Ocean Ranger* et de son équipage (partie un) et d'examiner la sécurité des opérations de forage au large de la côte est du Canada (partie deux). La Commission a terminé son enquête sur le naufrage; les audiences publiques officielles pendant lesquelles ont été entendus les divers témoignages sur cette catastrophe se sont terminées à la fin de mars 1984. Le premier rapport (le rapport définitif sur le naufrage) a été présenté au gouvernement du Canada et à celui de Terre-Neuve qui l'ont rendu public à la mi-août 1984, mettant ainsi un terme au processus quasi-judiciaire associé à l'enquête sur cette catastrophe maritime.

Pour le deuxième volet de son mandat, la Commission a opté pour un processus consultatif moins rigide grâce auquel elle espérait recueillir tant des opinions que de l'information factuelle. Une série d'études a donc été entreprise qui devait donner à la Commission d'enquête un aperçu succinct mais complet de la situation dans les principaux domaines d'intérêt. Ces études, ainsi que les diverses communications reçues et les données techniques recueillies pendant l'enquête instituée en vertu de la partie un du mandat, forment la base des renseignements à laquelle la Commission a puisé pour rédiger son deuxième et dernier rapport.

La Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada qui s'est tenue à Saint-Jean (Terre-Neuve) du 21 au 23 août 1984 a été organisée par la Commission royale en collaboration avec l'Université Memorial de Terre-Neuve. Elle a donné lieu aux premières consultations publiques sur le fruit de ces recherches de même que sur les questions importantes à l'étude. Avant la Conférence, des résumés de la plupart des études faites pour la Commission ont été distribués aux participants sous forme de dossiers d'information. L'objet principal de la Conférence était d'amener les experts à débattre des questions fondamentales que la Commission royale doit aborder et de mettre en lumière en même temps certaines orientations nouvelles et diverses possibilités d'amélioration. On trouvera dans ces pages les exposés officiels présentés au cours de la Conférence de même que des résumés des discussions qui les ont entourés et des réactions qu'ils ont suscitées. Les rédacteurs n'ont pas cherché à uniformiser ni le ton ni le style des exposés présentés à la Conférence, croyant qu'un compte rendu exact des divers points de vue et d'intérêt importait davantage qu'une présentation uniforme. La Commission royale s'inspirera largement de ces documents pour rédiger le rapport définitif qu'elle doit présenter aux gouvernements.

1

INTRODUCTION

Offshore Eastern Canada

INTRODUCTION

BIENVENUE À L'UNIVERSITÉ MEMORIAL DE TERRE-NEUVE

L. Harris
Président
Université Memorial de Terre-Neuve

L'Université Memorial est honorée et privilégiée d'accueillir en ses murs tant de distingués commissaires d'enquête, ingénieurs, scientifiques, cadres d'entreprises et autres personnes qui portent un véritable intérêt à la question à l'étude. Parmi les membres les plus réputés de cette assemblée, je suis tout particulièrement heureux de souligner la présence de quelques-uns qui nous ont déjà fait l'honneur d'accepter des doctorats honorifiques de notre université. Je me réjouis également que certains de nos professeurs, notamment ceux des facultés du génie et de la médecine participent aux séances et aux délibérations des prochains jours.

Vues sous l'angle des technologies en devenir, rares sont les délibérations susceptibles d'avoir autant de conséquences ou de signification que celles qui nous occupent actuellement. L'émergence d'une activité industrielle d'envergure dans un milieu aussi rebelle que celui de l'Atlantique Nord constitue certes un défi de taille pour les gouvernements, pour l'industrie, pour la communauté scientifique et technique, bref, pour tous ceux que cette activité intéresse. Et ce défi se traduit avant tout par la nécessité de garantir une certaine sécurité à ceux qui s'adonnent à leurs activités dans l'immensité de ces eaux.

Ces eaux immenses, j'en ai une connaissance personnelle - encore que bien imparfaite - qui remonte à bien des années en arrière, car toute ma famille a tiré sa subsistance des eaux des Grands bancs. Dans mon enfance, la topographie du fond marin du plateau continental de l'Amérique du Nord m'était plus familière que la toponymie de l'intérieur. Je connaissais également les périls de ces eaux, les dangers, le déchaînement terrible des tempêtes sur l'Atlantique, l'agitation des mers, la force des coups de vent, l'opacité des brouillards, la menace des glaces dérivantes et tous les autres risques associés à la vie en mer. Dans ce milieu, je savais - et je sais toujours - que la sécurité est au prix d'une vigilance de tous les instants. À vrai dire, c'est une vigilance de tous les instants appuyée par les systèmes et procédés les plus raffinés que, par leur ingéniosité, nos scientifiques et techniciens peuvent maîtriser et que, dans leur sagesse, nos dirigeants politiques peuvent adopter.

J'ai bon espoir que cette conférence contribuera grandement à nous faire progresser dans cette direction et vers les objectifs que nous partageons. Je suis tout particulièrement heureux de voir que c'est ici même, sur le campus de cette université, qu'elle se déroule. Je me réjouis également de ce que nous ayons pu faire notre petite part dans l'organisation de cette conférence et permettez-moi de vous redire encore combien je suis heureux de vous souhaiter à tous la plus chaleureuse des bienvenues et la plus fructueuse des rencontres.

OBSERVATIONS LIMINAIRES

L'honorable
T. Alexander Hickman, juge en chef
Président de la Commission

Permettez-moi, au nom de la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger*, de vous souhaiter, à tous et à chacun, la bienvenue à Saint-Jean et dans la province canadienne de Terre-Neuve. Nous vous avons invités à vous joindre à nous, ici dans la plus vieille ville d'Amérique du Nord, pour prendre part à un événement inhabituel. C'est en effet la toute première fois qu'une commission royale d'enquête canadienne organise une conférence internationale. Nous considérons que les trois prochains jours seront un élément marquant du processus de consultations publiques que nous avons entrepris pour remplir la partie deux de notre mandat. Nous avons sollicité votre participation en raison des connaissances et de l'expérience que vous possédez dans l'un ou plusieurs des secteurs clés qui influent sur la sécurité au large de la côte est du Canada.

Bien des points de vue sont représentés ici: ceux des gouvernements, du Canada et d'autres pays; ceux de l'industrie: les exploitants, les entrepreneurs en forage et les entreprises de service, et ceux enfin des sociétés de classification, des firmes de consultants et des maisons d'enseignement. Dans cette enceinte se trouve rassemblé aujourd'hui un groupe de personnes éminemment qualifiées pour discuter des importantes questions que doit aborder la Commission royale. Les aspects qui se trouvent au coeur de l'énorme défi que représente l'accroissement de la sécurité embrassent non seulement les questions relativement simples - mais non moins très importantes - de savoir si certaines pièces d'équipement sont adéquates et si les gens reçoivent la formation voulue pour le travail qu'ils font, mais exigent aussi que nous explorions de nouvelles avenues dans les relations complexes qui régissent ces activités et que nous jetions un regard neuf sur l'efficacité qu'on en attend au cours de la prochaine décennie. Voilà qui est essentiel si nous voulons garantir le maintien d'un niveau acceptable de sécurité au large de la côte est du Canada.

Les participants abordent cette conférence en étant parfaitement conscients de l'énorme accroissement d'activité qui a marqué les dernières années en fait de recherche et d'exploitation des réserves de pétrole et de gaz offshore partout dans le monde, accroissement qui n'est pas sans poser un défi opérationnel beaucoup plus onéreux et risqué que ce n'est le cas pour ceux qui travaillent sur terre dans des milieux moins hostiles. L'humanité a exploré et exploité une bonne partie de la masse terrestre mondiale dans sa recherche de pétrole et de gaz; l'attention se déplace maintenant vers les quatre cinquièmes restants de la surface du globe qui sont recouverts d'eau.

Ceux qui gagnent leur vie dans les industries d'extraction, particulièrement

en mer, savent que ce travail comportera toujours un élément de risque. Ce qu'ils veulent, eux et leurs familles, c'est d'être assurés que toutes les mesures raisonnables ont été prises pour réduire ce risque et accroître la sécurité des personnes. C'est dans la poursuite de ce but à la fois souhaitable et accessible que la Commission a convoqué cette conférence; elle espère ainsi obtenir l'opinion et les conseils éclairés de ceux qui ont une expérience pratique des opérations de forage en mer, au Canada ou ailleurs. Rien ne peut remplacer le dialogue franc et ouvert entre personnes bien informées qui ont à coeur la sécurité de ceux qui travaillent dans le milieu marin hostile de l'Atlantique Nord, au large de la côte est du Canada.

D'habitude, les conférences sont organisées au profit des participants. Celle-ci fait exception en ce sens qu'elle a été organisée avant tout au profit de la Commission royale. Voilà pourquoi elle a été structurée comme elle l'est et voilà pourquoi nous n'avons invité qu'un nombre restreint de spécialistes parmi tous ceux qui auraient été en mesure de nous épauler dans notre tâche. Si nous voulons que cette conférence atteigne vraiment son but, vos discussions doivent être franches et ouvertes. Je sais que ce sera le cas. La conférence ne se veut pas une séance officielle de la Commission mais plutôt le lieu d'une discussion éclairée à laquelle les membres de la Commission et son personnel assistent à titre d'auditeurs avides mais silencieux. De cette façon, nous espérons utiliser au mieux vos compétences réunies et le peu de temps dont nous disposons.

Comme vous le savez tous, nous avons terminé la partie un de notre enquête sur la perte de l'*Ocean Ranger* en mars dernier et notre rapport a été rendu public la semaine dernière par les gouvernements du Canada et de Terre-Neuve. Sa publication signifie la fin de la phase quasi-judiciaire de nos travaux qui consistaient à établir les faits ou, à défaut, d'en arriver à une opinion crédible pour les besoins de nos conclusions. Nous avons fait de notre mieux pour répondre aux deux questions que comportait notre mandat, à savoir: pourquoi l'*Ocean Ranger* s'est-elle abîmée en mer et pourquoi n'a-t-on pas réussi à sauver un seul membre d'équipage? Là-dessus, nous espérons que les participants à la Conférence ne s'attarderont pas à débattre du mérite ou du démérite des conclusions et recommandations de notre premier rapport.

Nous vous invitons plutôt à vous pencher sur la troisième question qui compose notre mandat, en l'occurrence: comment pouvons-nous éviter d'autres catastrophes du genre? Pour cela, il faut tourner nos regards vers l'avenir et chercher à recueillir des opinions plutôt que de nous en remettre à des faits. Et l'une des meilleures façons de sonder l'opinion est d'amener les gens compétents à discuter avec leurs pairs. Voilà donc pourquoi nous avons décidé d'organiser cette conférence de concert avec l'Université Memorial de Terre-Neuve.

Mon collègue, l'honorable Gordon Winter, vice-président de la Commission royale, a bien voulu accepter de présider le comité du programme de la Conférence. Je tiens à le remercier pour la façon experte avec laquelle il a mené les travaux préparatoires à cette conférence, tâche ardue entre toutes, ne serait-ce que pour arrêter le choix du contenu et de la structure de cette rencontre. D'ailleurs, nous sommes tous redevables au comité dans son entier de s'être si bien acquitté de son mandat.

La Commission se réjouit de pouvoir compter sur les services du Dr Omond Solandt comme conseiller principal. Je suis persuadé que la plupart d'entre vous connaissez le cheminement de sa brillante carrière au gouvernement, dans l'industrie et dans les services publics, tant au Canada qu'à l'étranger. Comme il a accepté de jouer le rôle astreignant de président général de la Conférence, je lui laisse maintenant le soin de vous expliquer de quelle façon nous allons aborder les diverses séances et quelles sont nos attentes au bout de ces trois jours.

C'est donc avec un grand plaisir tempéré uniquement par la fièvre de l'attente que je déclare ouverte la Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada et que j'invite le Dr Solandt à en prendre en mains les destinées.

PRÉSENTATION DE LA CONFÉRENCE

D^r^ O.M. Solandt
Président de la Conférence

À ce stade de la Conférence, je me contenterai d'amplifier quelque peu certains des points soulevés par l'honorable juge en chef, M. Hickman, et de vous présenter notre conférencier d'ouverture pour enfin confier la rencontre aux bons soins de monsieur le doyen, Ross Peters.

L'honorable juge en chef vous a parlé de l'importance de cette conférence vue sous l'angle de l'information à recueillir pour la rédaction du rapport prévu aux termes de la partie deux du mandat. La planification de la structure et du contenu de la Conférence n'a pas été sans maux de tête pour le Comité; il lui a fallu être impitoyablement sélectif pour la faire tenir en trois jours.

La Conférence constitue le point culminant d'un processus de collecte d'information relativement complexe. Tout d'abord, nous avons commandé une série de 24 documents de travail qui devaient faire le point des connaissances sur chacun des aspects de la sécurité dans l'exploration et l'exploitation du pétrole offshore. Après étude de ces documents nous en sommes arrivés à cerner quatre domaines qui vraisemblablement allaient présenter les principaux problèmes dans l'avenir. Ils constituent les sujets des séances de la Conférence:

- l'environnement et la conception
- l'interaction de l'homme et de la machine
- les situations d'urgence
- la réglementation

À chaque séance, il y aura des exposés de présentation qui seront suivis des commentaires de quelques analystes choisis puis d'une discussion générale. Nous espérons que vous ne déborderez pas de vos sujets, sauf si vous tenez vraiment à souligner des points très importants qui selon vous ont été oubliés. Efforcez-vous d'être concis. Comme le juge en chef le mentionnait, le but de la Conférence est de permettre aux commissaires de connaître vos points de vue. Malheureusement, il y a fort à parier qu'au cours d'une conférence de trois jours, avec un programme aussi chargé, certaines choses importantes seront passées sous silence. Je vous incite donc fortement à les présenter, soit en personne soit par écrit, aux audiences que tiendra la Commission à compter d'octobre pour remplir les obligations qui sont inscrites dans la partie deux de son mandat.

C'est au sein même de la Commission royale qu'est née l'idée nouvelle de tenir une conférence comme principal moyen de recueillir des données pour le rapport prévu dans le deuxième volet de l'enquête. La Commission était d'avis que

tous les principaux intervenants de la scène de l'offshore devaient participer à la planification de la Conférence. Un comité du programme de la Conférence a donc été formé avec, à sa tête, l'honorable Gordon A. Winter et, comme membres, messieurs les commissaires Jan Furst et M. O. Morgan. Le gouvernement fédéral est représenté par M. A.E. Collin, sous-ministre associé au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources; le gouvernement de Terre-Neuve par M. John Fitzgerald, directeur de la Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador; l'industrie par M. Ken Oakley, directeur régional de la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada; et le monde universitaire par le M. G.R. Peters, doyen de la faculté du génie et des sciences appliquées de l'Université Memorial de Terre-Neuve qui vous sera présenté sous peu comme vice-président de la Conférence.

Trois membres du personnel de la Commission sont également membres du comité. Il s'agit de M. David Grenville, secrétaire de la Commission et notre «pompier de service» si vous me permettez l'expression; M. Bevin LeDrew, directeur des études qui a commandé et colligé tous les documents de travail et qui, avec son personnel, fera office de rapporteur pour toutes les séances; M. Neil Penney, coordonnateur de la Conférence et, enfin, votre humble serviteur.

À mesure que le programme prenait forme, il est apparu au comité qu'il fallait quelqu'un pour amorcer les délibérations par un large survol des aspects à explorer. Cette personne devait avoir une expérience longue et diversifiée dans l'industrie du pétrole comprenant, de préférence, une expérience pratique de l'exploitation en mer dans les pires conditions environnementales. Comme nous recherchions la crème des experts dans un domaine foncièrement international, nous savions d'avance que peu de Canadiens figureraient parmi les candidats possibles. Pourtant nous souhaitions tous pouvoir mettre la main sur un Canadien qui par ailleurs satisferait à toutes les autres exigences. Le Comité s'estime donc doublement chanceux d'avoir trouvé une personne qui réponde entièrement à ses critères exigeants et qui soit de surcroît de nationalité canadienne. M. Gordon Harrison réunit d'éminentes qualifications pour nous parler des «Perspectives de la sécurité» et, avec ses remarques, pour donner le coup d'envoi à la Conférence et lui tracer un itinéraire qui, à n'en point douter, se révélera très riche en découvertes et en enseignements de toutes sortes.

LES PERSPECTIVES DE LA SÉCURITÉ

Gordon R. Harrison
Ancien président
Canadian Marine Drilling Limited

Dans la société d'aujourd'hui, la sécurité est une question sérieuse et je considère comme un privilège de pouvoir participer à cette conférence sur la sécurité des activités de forage offshore sur la côte est du Canada.

Nous sommes réunis ici en raison du tragique accident survenu à l'*Ocean Ranger*. Plusieurs enquêtes officielles ont déjà été faites qui ont attribué cet accident à des défaillances techniques dans le système de contrôle des ballasts, à l'incompétence du personnel chargé du ballastage et à des erreurs de conception des puits aux chaînes et des coques inférieures de l'installation. Je crois qu'il faut être très prudent lorsqu'il s'agit de déterminer des causes. Pour moi, ces facteurs que l'on donne pour des causes ne sont guère que les maillons d'une chaîne d'événements à l'issue desquels l'installation de forage a chaviré et sombré. Ils ne constituent pas plus la vraie cause de l'accident que la perte de flottabilité qui, à la fin, a permis à la force de gravité d'entraîner l'installation vers le fond de la mer.

Il nous faut examiner la cause première, celle qui a déclenché les événements. Il nous faut comprendre la nature des conditions présentes dans l'industrie du forage sur la côte est du Canada qui peuvent se solder par la perte d'une installation de forage de classe internationale et de la totalité de son équipage. Il nous faut aussi nous demander si nous n'allons pas au-devant d'une nouvelle catastrophe en poursuivant ce genre d'activité. Si c'est le cas, nous avons intérêt à prendre des mesures.

La Commission royale a annoncé qu'elle abordait une nouvelle phase de son mandat au cours de laquelle elle examinera de grandes questions pour ensuite formuler des recommandations eu égard à l'adoption d'une politique publique sur la sécurité des activités de forage en mer dans l'est du Canada. Au cours de son enquête, la Commission entendra toute une gamme de points de vue et de jugements sur les questions de sécurité. Avant d'utiliser cette matière, la Commission fait savoir qu'elle souhaite avoir des certitudes quant à la justesse et à la crédibilité de ce qu'elle entendra. Aussi sommes-nous invités, au cours de la présente conférence, non seulement à identifier et à examiner de façon critique les éléments relatifs à la sécurité, mais aussi à les soumettre à l'analyse et à la discussion. La Commission a invité - et c'est une chance pour nous - un groupe prestigieux de spécialistes étrangers qui nous feront partager leurs connaissances éclairées sur les points au programme de la Conférence. Je suis d'avis que, malgré le calibre des personnes réunies ici, il sera difficile de faire oeuvre utile dans la démarche que nous entreprenons à l'égard de la sécurité offshore. Ce à quoi nous nous attaquons, c'est au besoin d'une nouvelle orientation de la gestion des grandes entreprises de cette nature. Cette orientation nouvelle ne saurait survenir que par l'effet

d'un changement du présent ordre des choses dans la société. Il n'existe pas de tâche plus difficile.

Je dois dire que je suis encouragé par l'atmosphère créée ici par la Commission pour examiner les questions se rattachant aux risques et à la sécurité des activités de forage offshore. Nos invitations nous demandent de libérer notre pensée, d'avancer des idées nouvelles et de contester les faits et les points de vue qu'avancent les uns et les autres. J'ajoute qu'il faudra aussi contester la sagesse conventionnelle tant du secteur industriel que du gouvernement. Si nous faisons tout cela, si nous agissons avec franchise et audace, nous pouvons espérer ne pas décevoir nos hôtes. Il sera instructif pour tous d'examiner les questions de sécurité qui intéressent d'autres secteurs de la société et de voir ce qu'on peut en tirer qui soit applicable au secteur du forage en mer. Certes, il faudra prendre du recul et voir autre chose que les faiblesses particulières de l'*Ocean Ranger* pour tenter de percevoir, dans une perspective élargie, une caractéristique commune à tous les incidents d'origine humaine de cette amplitude. La question, je crois, doit se poser comme suit: y a-t-il, dans la façon dont nous accomplissons les choses dans la société, un vice de base qui serait à l'origine de ces événements coûteux et tragiques?

Les perspectives de la sécurité dans notre société ne sont pas réjouissantes. Faisons abstraction, si c'est possible, de la menace toujours présente de l'holocauste nucléaire et constatons que nous sommes sans cesse confrontés à la possibilité de tragédies de l'ampleur de celle qui a frappé l'*Ocean Ranger*. En règle générale, ces événements peuvent se produire indistinctement à terre ou en mer. Beaucoup se rappelleront certaines tragédies qui ont fait la manchette: le chavirement de l'*Alexander Kielland* en 1980, qui a entraîné la mort de 123 personnes; l'effondrement des passerelles dans le hall bondé de l'hôtel Hyatt de Kansas City, en 1981, qui s'est soldé par la mort de 114 personnes; l'attentat contre la caserne des «marines» à Beyrouth, au Liban, en 1983, qui a tué 241 personnes; et, plus récemment, le naufrage du navire de forage *Java Sea*, qui a entraîné la mort de 81 personnes. Mais il suffit de consulter quelques ouvrages pour constater l'extraordinaire fréquence d'accidents moins marquants qui surviennent avec régularité dans les immeubles à bureaux, dans les hôtels, dans les auditoriums, sur les ponts, dans les stades, dans les trains, dans les mines et, bien sûr, sur les structures offshore. Il nous faut repartir sur des bases entièrement nouvelles. La constante répétition des incidents proclame que nous sommes vulnérables et rien n'indique que des changements soient en cours pour nous mettre tant soit peu à l'abri. Les remises en question qui suivent chaque incident majeur peuvent contribuer à réduire les risques de réédition de l'ensemble particulier de circonstances qui l'ont provoqué, mais jamais les enquêtes ne font ressortir le commun dénominateur de toutes les tragédies.

Je dois aujourd'hui vous entretenir des «perspectives de la sécurité», mission que j'interprète comme étant une tentative de ma part de trouver et d'expliquer la nature de ce dénominateur commun. Plus précisément, on me demande de réfléchir sur les rapports entre la sécurité et les considérations d'ordre technique. Il existe naturellement un rapport direct et vital entre l'intégrité ultime d'un système d'exploitation et des paramètres techniques comme l'état des connaissances sur les facteurs environnementaux, la sélection des critères de conception, le choix des facteurs de sécurité à intégrer au modèle, les qualifications des concepteurs, les modalités de mise à l'essai des matériaux et de l'inspection des travaux, la formulation de modalités d'utilisation, la formation professionnelle, et ainsi de suite. J'affirme que ces facteurs, considérés individuellement, nous sommes déjà en mesure de les maîtriser. De nos jours, il est rare qu'on puisse attribuer les grandes tragédies à un manque de connaissances ou aux lacunes de la technologie. Pour en revenir au cas de l'*Ocean Ranger*, ce n'est pas que nous ayons joué les apprentis-sorciers. Nous possédons les connaissances et les outils nécessaires pour évi-

ter ce genre de dérapage. La source de notre problème est très simple: nous mettons le paquet sur la réglementation et la bureaucratie et ne laissons à la créativité et au contrôle de la gestion que la portion congrue, ce qui dans une société constitue une grave source de déséquilibre, à la façon de dommages causés à l'oreille moyenne.

À lire les documents officiels de l'enquête sur les circonstances qui ont entouré la perte de l'*Ocean Ranger* et de la totalité de son équipage, on a à tout bout de champ l'impression qu'il y a quelque chose qui cloche. Je fais allusion à deux éléments plutôt bizarres. Premièrement, l'absence apparente d'un détenteur unique de l'imputabilité de gestion pour la sécurité des vies humaines dans le cadre de l'exploitation de l'*Ocean Ranger* et de ses imposants et nombreux systèmes de soutien. Deuxièmement, le peu d'importance accordée à cette absence dans les documents mêmes de l'enquête.

L'*Ocean Ranger* appartenait à l'ODECO, société américaine, et battait pavillon américain, de sorte qu'elle était régie par les lois et les règlements de la *U.S. Coast Guard*. Elle avait été conçue par des ingénieurs américains, construite au Japon et classifiée par l'*American Bureau of Shipping*. Elle était en activité dans des eaux internationales où elle était régie par les conventions relatives à la sécurité de l'Organisation maritime internationale, mais elle était louée aux termes de permis de forage d'exploration délivrés à Mobil Oil, de sorte qu'elle était soumise à l'application de règlements administrés par l'APGTC et d'autres organismes du gouvernement du Canada. Ses principaux systèmes de soutien, y compris les navires de service, les navires devant intervenir en cas d'urgence, les hélicoptères et le soutien logistique à terre, étaient placés sous la direction de Mobil, qui confiait ces divers services par contrats à des tiers. En cas d'urgence, elle dépendait, pour la planification du recours à l'équipement de soutien à l'évacuation, de Mobil et des unités de recherche et de sauvetage du gouvernement. À bord de *l'Ocean Ranger*, les responsabilités de gestion et l'autorité étaient d'une certaine manière partagées par le chef de chantier de forage d'ODECO, le capitaine de marine d'ODECO et le contremaître de forage de Mobil. Le chef de chantier de forage d'ODECO et le contremaître de forage de Mobil relevaient d'organisations différentes à terre.

Avant toute autre chose, je tiens à dire que l'enchevêtrement de compétences dont je viens de faire état à propos de l'*Ocean Ranger* n'est pas exceptionnel. C'est plutôt la règle dans l'industrie du forage offshore. Tout de même, il est difficile de ne pas se dire que, lorsqu'on a commencé le forage sur les terres du Canada, il devait y avoir pas mal d'ambiguïté quant à l'entité qui détenait l'autorité dominante en matière de gestion et de réglementation, même pour les activités normales. Dans les opérations d'urgence, il y avait place pour une confusion plus grande encore. Et si, avant la mise en marche du forage, on voulait demander si les travaux s'accompliraient de façon sécuritaire, à qui fallait-il s'adresser? Y avait-il un ingénieur de profession capable de certifier que l'installation satisfaisait aux critères de conception d'importance vitale qui régissent la stabilité en flottaison et la robustesse de la structure et que les sous-systèmes présentaient une fiche impeccable sur les plans de la conception, de la construction, de la certification et du fonctionnement? Y avait-il un capitaine de marine capable d'affirmer avec certitude que l'installation était dotée de moyens d'abandon et de survie appropriés? Était-il en mesure de donner l'assurance que les équipages étaient préparés à faire face aux situations d'urgence? Ces équipages connaissaient-ils bien l'emploi et le fonctionnement des moyens d'abandon et avaient-ils fait des exercices d'évacuation complète? Y ont-ils démontré leur compétence et leur efficacité? Existait-il un plan d'urgence approprié, prévoyant que tous les services de soutien nécessaires et toutes les communications seraient placés sous un commandement unique? Y avait-il un cadre supérieur d'une société exploitante capable de certifier qu'il avait personnellement examiné le travail de l'ingénieur et qu'il connaissait parfaitement les critères d'ordre environnemental et les facteurs de sécurité d'importance vitale

pris en ligne de compte dans la conception du modèle? Était-il personnellement convaincu que l'ingénieur avait correctement effectué la vérification du modèle et déterminé que les sous-systèmes de l'installation étaient en bon état de fonctionnement et accompagnés de tous les permis nécessaires? De même, avait-il contrôlé le capitaine de marine et avait-il été satisfait de ses évaluations?

Autrement dit, est-ce qu'un cadre supérieur d'une société exploitante avait examiné à fond toutes les questions relatives à la sécurité de l'*Ocean Ranger* et acquis la conviction que l'installation et tous ses systèmes de soutien étaient sécuritaires et prêts à fonctionner, une conviction telle qu'il était prêt à le certifier? Voilà les questions qui, d'après moi, sont importantes. Mais ce ne sont pas celles qu'on pose. Je pense qu'il faudrait se préoccuper moins de l'observation des règlements du gouvernement et des codes des organismes de classification, et davantage de l'imputabilité absolue à l'égard de la sécurité. Il faudrait se préoccuper de savoir s'il y a une entité responsable unique qui a tout fait ce qu'il est possible de faire pour mettre chaque installation de forage et chaque système de soutien exploités en territoire canadien à l'abri des accidents et des pertes de vies.

L'incertitude quant au détenteur de l'imputabilité et au détenteur de la responsabilité est le dénominateur commun de toutes les grandes tragédies. Lorsque les 241 marines américains ont été massacrés dans leur sommeil dans une zone de guerre de Beyrouth, ils n'avaient pas de défenses suffisantes pour empêcher une voiture ordinaire bourrée d'explosifs d'atteindre leur caserne et de la détruire. On peut raisonnablement se demander à qui allaient la responsabilité et l'imputabilité de ce manque de vigilance. Il semble clair qu'il y avait incertitude quant à la nature - diplomatique ou militaire - de la mission. Par conséquent, il semble que ni le Département de la Défense, ni le Département d'État ne se soient vu attribuer nettement le commandement et l'imputabilité à l'égard de la sécurité de cet avant-poste occupé par des gens jeunes et vulnérables. Les conséquences de cet état de choses ont été tragiques.

Prenons un autre exemple. Le 17 juillet 1981, 1 500 personnes assistaient à une réception donnée au nouvel hôtel Hyatt Regency de Kansas City. Les gens dansaient dans le grand hall et sur deux passerelles qui enjambaient ce dernier. Soudain, les deux passerelles se sont effondrées, tuant 114 personnes et en blessant grièvement 216 autres. C'était le plus grave accident mettant en cause un bâtiment de toute l'histoire des États-Unis. Plus d'une douzaine d'enquêtes ont été faites, dont une par le *National Bureau of Standards*. La cause directe de l'accident a été facile à déterminer. Alors que la construction était déjà avancée, une modification a été apportée au plan suite à une conversation téléphonique entre un ingénieur-conseil et un ingénieur rattaché au fabricant d'acier. Après l'accident, l'examen du *Bureau of Standards* a révélé que la passerelle redessinée était à peine capable de supporter son propre poids. Les deux ingénieurs ont expliqué que chacun supposait, après la conversation téléphonique, qu'il incombait à l'autre de faire les calculs nécessaires; aucun ne les a faits.

La cause de ce déplorable état de choses est aussi évidente. Sept groupes principaux avaient un rôle à jouer dans la conception et dans la construction et tous ont dit ignorer qui était le détenteur de la responsabilité globale. L'architecte qui a dessiné le modèle original a eu peu à voir avec l'inspection des travaux alors que la construction progressait. Les documents judiciaires montrent que les travaux de construction ont été marqués par les méprises, les omissions et les problèmes de sécurité. Voici ce qu'avait à dire M. Edward Frang, chef de la division des structures du *National Bureau of Standards* (la citation, tirée du «New York Times», est traduite librement): «Quand un travail présente une série noire de problèmes de gestion, on peut s'attendre à des déboires aux proportions incalculables». Il ajoutait: «Il faut mettre au point des pratiques définissant clairement les diverses responsabilités à l'égard du processus de construction.»

Ces exemples, et bien d'autres que je pourrais citer, montrent que la sécu-

rité, si on y pense comme il faut, est un problème de gestion. S'il y a eu des défaillances au niveau de la sécurité, c'est qu'il y a eu des défaillances au niveau de la gestion. C'est là, je le crois fermement, le noeud du problème.

Écoutons Éric Hoffer, débardeur sans instruction devenu philosophe social: «On ne peut prédire l'avenir que si on possède le pouvoir de l'infléchir.» Voilà un axiome que je trouve éminemment pénétrant et important, et qui forme le noeud de ce dont nous traitons ici aujourd'hui. Permettez-moi d'illustrer mon affirmation par un exemple. Quand le président Kennedy a annoncé, en 1960, que les États-Unis enverraient un homme sur la lune avant la fin de la décennie, il n'affirmait pas là une chose qu'il aurait vue dans une boule de cristal. En fait, le président sentait intuitivement que ce projet constituait un défi exaltant qui enflammerait l'imagination des Américains et - la *National Academy of Sciences* l'en avait convaincu - qu'il était techniquement réalisable et qu'il aurait des retombées scientifiques et commerciales énormes. Il a alors confié la mission à la *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. La NASA était le seul administrateur du programme et, forte de ses 12 000 ingénieurs, scientifiques et techniciens, elle a su réunir sous son autorité certaines des meilleures entreprises de technologie de pointe du pays. Rien n'a été laissé au hasard et, le 20 juillet 1969, le projet le mieux financé et le mieux administré de l'histoire du monde a abouti à l'atterrissage d'Apollo II à la surface de la lune. Dans toute cette entreprise, la NASA a conservé, au plan de la sécurité, un dossier exceptionnel. Oui, le président Kennedy a prédit l'avenir, mais il n'a pu le faire que parce qu'il possédait le pouvoir de l'infléchir. En outre, lorsqu'il a délégué son pouvoir, il l'a intelligemment confié à une administration unique.

«D'abord nous modelons nos structures, disait Winston Churchill, puis ce sont elles qui nous modèlent.» C'est exact. En matière de sécurité, notre société est modelée par une structure complexe de règlements et de régulateurs qui s'est fixée au cours du siècle dernier. Généralement parlant, ce complexe de réglementation s'est constitué d'une manière telle qu'il décourage la responsabilité de gestion à l'égard de la sécurité, ou qu'il lui est au mieux indifférent. En effet, si incompréhensible que cela puisse paraître, nous ne cherchons plus à savoir à qui incombent la responsabilité, l'autorité et l'imputabilité. Notre système, grosso modo, laisse ce débat aux juristes et aux tribunaux.

C'est peut-être en Écosse, il y a une centaine d'années, que se trouve l'origine de la curieuse structure en place aujourd'hui. En 1879, le pont du fleuve Tay, lien ferroviaire vital avec la ville de Dundee, en Écosse, s'est écroulé sous les assauts combinés du poids d'un train de passagers et de vents soufflant en tempête. Le pont avait été ouvert 18 mois plus tôt. C'était le pont le plus long et, pensait-on, le meilleur du monde, qui reliait les deux rives du plus gros cours d'eau de Grande-Bretagne. C'était aussi le rêve et, pour un bref moment, le couronnement de la carrière de Sir Thomas Bouch, l'un des grands ingénieurs-constructeurs de la Belle Époque de la construction des ponts.

L'accident n'a laissé aucun survivant. Soixante-quinze hommes, femmes et enfants ont péri. Sur le plan des pertes en vies humaines, cette tragédie était d'une ampleur à peu près égale à celle mettant en cause l'*Ocean Ranger* ou d'autres accidents survenus à des installations de forage offshore, comme l'*Alexander Kielland* et le *Java Sea*. Il semble que nous ayons une propension aux catastrophes d'origine humaine de cette ampleur depuis un certain temps déjà. La commission d'enquête mise sur pied pour examiner l'affaire a fait part de ses constatations au Parlement britannique. Elle concluait que les lacunes qui marquaient la conception, la construction et l'entretien du pont le condamnaient à s'effondrer tôt ou tard. Fait à noter, la commission d'enquête est allée au-delà de la question des causes et s'est prononcée sur celle du blâme. Elle affirmait que Sir Thomas Bouch, l'ingénieur-constructeur, était à blâmer au premier chef et précisait son jugement comme suit:

- il était entièrement responsable des défauts de conception;
- il était principalement responsable des défauts de construction;
- il était principalement, sinon entièrement, responsable des défauts d'entretien.

Sir Thomas Bouch, poursuivait le rapport, ne peut échapper à ses responsabilités. Et en effet, il ne le fit pas. Plusieurs mois auparavant, la Reine l'avait fait chevalier pour ses succès de constructeur de pont. Totalement discrédité en tant qu'ingénieur, il se retira du monde pour fuir la clameur qui exigeait des poursuites au criminel. Il mourût quatre mois après avoir entendu le prononcé du blâme de la commission d'enquête.

J'évoque ces événements parce qu'il semble que la tragédie du pont du Tay soit le point de départ d'un processus qui nous a amené là où nous en sommes aujourd'hui. Plusieurs points méritent d'être soulignés.

L'accident est survenu à un moment de l'histoire où il était possible pour un professionnel de détenir la totalité du contrôle des aspects techniques. Il ne fait aucun doute que Sir Thomas Bouch était un vrai constructeur de ponts. Il avait le pouvoir de contrôler la conception et la qualité du produit fini, depuis la planche à dessin jusqu'au contrôle de la qualité des matériaux et de la main-d'oeuvre. Mais ses responsabilités allaient plus loin. Une fois achevée la construction, il restait détenteur de l'autorité à l'égard de l'entretien de la structure et du contrôle des charges placées sur cette dernière alors que le pont était ouvert à la circulation.

Aujourd'hui, un mandat professionnel de cette envergure dépasserait les rêves les plus délirants de M. Jerome Goldman, président de Friede and Goldman et l'un des grands concepteurs actuels d'installations mobiles de forage offshore de classe internationale. Voici quelques extraits d'un discours qu'a prononcé M. Goldman au symposium sur la sécurité de la vie offshore, qui s'est tenu en 1983 au *Scripp's Institute of Oceanography:* «Quand les travaux de construction commencent, la conception cesse d'être la responsabilité du concepteur pour devenir celle d'autres personnes.» M. Goldman poursuit sur ce manque de continuité dans la chaîne des responsabilités techniques; de toute évidence, il entretient de grandes inquiétudes quant aux conséquences de cette incongruité. «Il n'existe pas, dit-il, de dénominateur commun pour juger de la qualité des installations de forage» ni pour «. . . établir et maintenir la qualité de l'installation une fois que celle-ci a quitté le chantier.» Il poursuit en disant que, les choses étant ce qu'elles sont, «. . . les sociétés de classification doivent supporter la responsabilité d'examiner la conception de l'installation et de maintenir la qualité de la construction dès la fabrication de la plate-forme au chantier naval et tout au long de sa vie opérationnelle.»

Malgré l'ampleur et la continuité de la responsabilité professionnelle qui prévalait à l'époque de la tragédie du pont du Tay, il manquait de toute évidence quelque chose de très important. Premièrement, bien que, jusqu'à l'enquête sur l'effondrement du pont du Tay, les ingénieurs eussent été les détenteurs d'une responsabilité professionnelle étendue, ils n'avaient pas une imputabilité égale devant la société pour les erreurs. Deuxièmement, l'imputabilité des sociétés était absolument inexistante. Ainsi, la *National British Railway* n'a guère été critiquée ni blâmée pour l'effondrement du pont et ses cadres ne l'ont pas été du tout.

Dès lors, la société aurait pu décider d'exiger l'instauration de l'imputabilité professionnelle et de l'imputabilité des entreprises. Malheureusement, elle a plutôt commencé à exiger l'observation de codes et de règlements. Cette mesure néfaste a eu les conséquences suivantes:

- La profession d'ingénieur, qui fut un temps considérée comme l'une des plus prestigieuses, a commencé à perdre de son prestige et n'a jamais repris le dessus depuis.
- Les gouvernements se sont mis à chercher à créer de la sécurité de toutes

pièces en exigeant l'observation de règlements plutôt qu'en établissant des exigences d'imputabilité.

- Enfin, la définition du détenteur de la responsabilité et du détenteur de l'imputabilité à l'égard de la sécurité dans les domaines de la conception, de l'exploitation et de l'entretien a commencé à se brouiller, au point qu'il est aujourd'hui virtuellement impossible de la fixer.

Nous devons, je crois, corriger cet état de choses déplorable que nous a légué le passé. Premièrement, nous devons rétablir la responsabilité professionnelle élargie et continue. Deuxièmement, la reponsabilité ultime doit être confiée à un secteur de la société présentant deux caractéristiques particulières:

- il doit avoir déjà fait la preuve qu'il est capable de relever le défi;
- il doit jouer dans la société un rôle assorti d'enjeux élevés, c'est-à-dire qu'il doit retirer quelque chose de mesurable d'une réussite ou perdre beaucoup à la suite d'un échec.

Le choix évident, le seul choix à mon avis, c'est le secteur privé.

Dans son livre *Strategic Management*, Ignor Ansoff expose la difficulté croissante pour toute fonction de la société (la sécurité en est une) de se tenir à la hauteur de l'évolution rapide du monde d'aujourd'hui. Il cite de nombreuses études portant sur l'accélération des changements technologiques et sociaux. Ces études concluent toutes que le délai entre l'apparition d'une technologie nouvelle et son emploi diminue progressivement. Ce n'est pas tout: une fonction sociale donnée ne tire avantage du changement que si elle s'arrime à l'une des entreprises commerciales - elles aussi en évolution rapide - d'aujourd'hui. La sécurité, comme tout le reste dans notre société, est sur les rangs dans la quête du talent.

Pour Ansoff, les principaux éléments qui ont caractérisé l'environnement social et technologique pour en faire ce qu'il est devenu aujourd'hui ont été: 1) le caractère de nouveauté; 2) le coût croissant; 3) la rapidité; et 4) la difficulté de prévision. Considérant cet environnement, y a-t-il quelqu'un pour croire que les progrès requis pour assurer la sécurité dans la société doivent être le fait des sociétés de classification et des organismes de réglementation du gouvernement?

On trouve une réponse à cette question dans le rapport de 1980 du comité Burgoyne, lequel a étudié la question de la sécurité dans les activités offshore au Royaume-Uni. Les règlements, disait le rapport, «. . . sont lents à prendre forme et difficiles à changer; dans le contexte de technologies en évolution rapide, ils sont inappropriés. Ce à quoi il faut songer, pour les projets futurs, c'est à un mécanisme doué d'une plus grande souplesse, qui soit non seulement capable de réagir rapidement lorsque de nouveaux problèmes apparaissent - donc générateur d'améliorations - mais qui encourage aussi la prévoyance et attribue la responsabilité de décider de ce qui est sécuritaire à l'entité à laquelle elle revient, c'est-à-dire l'exploitant.»

À mon avis, la sécurité doit revendiquer sa juste part du dynamisme, de l'initiative, de la créativité et du succès des meilleurs au sein du secteur privé. Elle doit réclamer avec force d'occuper une place prépondérante dans les plans stratégiques de nos entreprises à succès et se battre pour l'obtenir. Dans son livre *Effective Management*, Peter Drucker fait observer que le cadre qui réussit cherche à ne s'en tenir qu'au nombre minimal de priorités et à limiter le plus possible la supervision qu'il doit exercer. La sécurité doit faire en sorte de s'insérer dans le mince espace ainsi ménagé. Pour atteindre les objectifs de sécurité qu'elle prise le plus, la société doit faire appel à l'énergie des cadres supérieurs des entreprises les mieux administrées. «J'ai appris que tout accomplissement était le fait d'un maniaque obsessionnel investi d'une mission» a dit Peter Drucker.

Résumons-nous. Aujourd'hui, je me suis permis de prétendre que la confu-

M. Harrison est titulaire d'un diplôme en génie mécanique de l'Université de la Colombie-Britannique obtenu en 1953. Il travaille depuis dans l'industrie pétrolière. Pour le compte de Mobil Oil Canada il est appelé, en 1968, à superviser le forage du premier puits à l'île de Sable et, en 1971, à établir le premier système de forage offshore de la Mobil Oil sur les Grands bancs. Il a également travaillé pendant quelques années pour la Dome Petroleum où, en 1976, comme président de la Canadian Marine Drilling, une filiale, il bâtit et exploite le premier système de forage offshore dans la mer de Beaufort. M. Harrison travaille actuellement à Houston; il s'occupe de forage exploratoire et de production sur le plateau continental des États-Unis.

sion quant à la responsabilité de gestion et l'apathie à l'égard de l'imputabilité de gestion constituent, s'agissant de la sécurité, les deux questions fondamentales avec lesquelles la Commission royale est aux prises. Je suis tout à fait conscient de l'utilité des codes de conception et de la valeur des réglementations. Je crois que les organismes de classification peuvent jouer un rôle moteur dans l'avancement des normes de conception et de construction des installations. Je m'inquiète de ce que certains entretiennent l'illusion que l'observation des règlements et le tampon d'approbation des organismes de classification soient des gages du caractère sécuritaire des installations de forage offshore. Je suis favorable au principe tendant à réaliser la sécurité à travers la dynamique de l'imputabilité de l'exploitant plutôt que par l'observation passive de normes de sécurité. Je suis favorable au principe de la continuité des responsabilités professionnelles, de la planche à dessin à l'exploitation en passant par le contrôle de la construction. Je suis favorable au principe d'un détenteur unique de l'autorité de gestion de tous les aspects des travaux de forage en mer, en retour d'une imputabilité sans ambiguïté à l'égard de la sécurité.

Quelles seraient les conséquences pour le forage au large de la côte est du Canada si les autorités gouvernementales adoptaient les principes que je viens d'énoncer? Premièrement, la responsabilité et l'imputabilité appartiendraient à une administration unique qui régirait la totalité des activités de conception et d'exploitation des systèmes de forage offshore, et ce, pour chaque permis d'exploration délivré par le gouvernement. Logiquement, ce pouvoir de gestion devrait incomber au titulaire du permis/à l'exploitant, qui serait imputable de toute atteinte à la sécurité.

Dans un premier temps, le dirigeant principal (ou l'agent d'exploitation le plus haut placé) de la compagnie certifierait qu'il a engagé un ingénieur professionnel et qu'il est entièrement satisfait de ses qualifications et de son expérience. On confierait à l'ingénieur professionnel la tâche de procéder à une vérification complète du modèle et de certifier que l'installation de forage respecte les critères de résistance aux conditions environnementales, sur le plan de la robustesse structurelle et de la stabilité en flottaison. En outre, il s'assurerait de la validité des sous-systèmes sur les plans de la conception, de la construction, des permis délivrés et du fonctionnement. De plus, le dirigeant principal certifierait qu'il a personnellement examiné et qu'il connaît bien les facteurs environnementaux d'importance vitale et les facteurs de sécurité pris en ligne de compte aux fins de la vérification de la conception. Il affirmerait que, compte tenu de son interrogation de l'ingénieur, il se trouve satisfait de la qualité de construction de l'installation, qu'il considère que cette dernière est en bon état de fonctionnement et que tous les permis nécessaires ont été délivrés. Le dirigeant principal donnerait l'assurance que les membres de l'équipage ont reçu la formation nécessaire et qu'ils sont prêts à faire face à toute situation d'urgence, qu'ils connaissent bien les systèmes d'abandon et qu'ils ont procédé à des exercices d'évacuation complète au cours desquels ils ont fait la preuve de leur compétence et de leur efficacité.

Dans ces conditions, le dirigeant principal serait devant un choix fatidique. Ou bien il pourrait affirmer avec certitude que l'installation est dotée de systèmes d'abandon et de survie appropriés, ou bien il devrait appeler un chat un chat et signaler que les systèmes d'abandon et de survie indiqués dans les codes et les règlements du gouvernement sont inutiles étant donné les conditions qui règnent au large de la côte est du Canada. De toute évidence, avec ce que l'on sait aujourd'hui, son choix se porterait sur la deuxième option. Dans cette logique, il établirait un calendrier de recherche, de mise au point et d'essai de mécanismes d'abandon et de survie convenant justement aux conditions qui règnent au large de la côte est du Canada. Devant tant de sincérité et un tel engagement, le gouvernement ne pourrait que délivrer le permis autorisant le démarrage des activités de forage, en sachant fort bien:

- que l'imputabilité à l'égard de la sécurité de la totalité des opérations autorisées par le permis d'exploration était parfaitement claire et que de lourdes peines seraient encourues en cas de défaut;
- que les sérieuses lacunes que présente la technologie des systèmes d'abandon et de survie de toutes les installations océaniques disparaîtraient rapidement.

Depuis vingt ans, l'industrie pétrolière en est venue à prévoir que le pétrole et le gaz seraient trouvés et exploités dans des eaux de plus en plus profondes et dans des environnements océaniques de plus en plus hostiles. Alors, employant systématiquement une technologie qui le dispute en ingéniosité à celle qui a caractérisé le programme spatial de la NASA, cette industrie a élargi son champ d'action, celui-ci passant d'eaux d'une profondeur de dix pieds à des eaux d'une profondeur de 5 000 pieds et de rives protégées au milieu océanique le plus dangereux du monde. Bref, c'est un secteur industriel qui a démontré la véracité de la fascinante thèse de Eric Hoffer, à savoir qu'avec le pouvoir d'infléchir les événements futurs, on peut prédire les événements futurs.

Ces réalisations de l'industrie pétrolière ont pu être accomplies grâce à des aptitudes de gestion qui peuvent s'appliquer aussi bien à un problème qu'à un autre. Une fois qu'on lui aura confié, sans ambiguïté, la tâche d'assurer à l'avenir la sécurité des opérations de forage au large de la côte est du Canada, l'industrie réagira avec une détermination implacable, et une fois qu'on lui aura remis les responsabilités professionnelles nécessaires à la poursuite de cet objectif, j'ai la certitude absolue que le talent créateur et le dynamisme des ingénieurs, des scientifiques et des architectes dont notre industrie s'est assuré les services démontreront encore une fois la validité de cet axiome à la fois simple et puissant que la nécessité est la mère de l'invention.

2

L'ENVIRONNEMENT ET LA CONCEPTION

Safety Offshore Eastern Canada

ENVIRONNEMENT ET CONCEPTION

INTRODUCTION

Les études relatives à l'environnement ont porte sur le milieu physique de la partie de la côte est où il se fait du forage en haute mer. On s'est surtout attache a analyser la qualité des données disponibles ainsi que les modalites et les programmes actuels de collecte des données. Ont également ete abordées les conditions rigoureuses et limitatives du milieu, ainsi que la façon de les détecter ou de les predire.

Quant aux études sur les aspects de la conception, elles ont porte sur la conception proprement dite, la fabrication, la classification et la certification des structures offshore et de leurs accessoires. On en a également examiné les limites operationnelles et les exigences sur le plan de l'entretien.

Cette séance technique a été présidée par M. R.A. Hemstock, ingénieur, qui justifie d'une carrière longue et exemplaire et qui est l'actuel président du Conseil canadien des ingénieurs. Titulaire d'une maîtrise ès sciences de l'Université de l'Alberta, M. Hemstock a été au service de l'Imperial Oil Ltd. de 1948 à 1977; dans ses dernières années à cet endroit, il a effectué des recherches sur l'évaluation des problèmes techniques qui accompagnent les travaux de mise en valeur de l'Arctique canadien. De 1978 à 1983, il a été gestionnaire de la division de l'environnement et directeur de Hardy Associates; à ce titre, il assumait au premier chef la responsabilité de fournir des services de consultation sur les questions environnementales à l'industrie de l'énergie. Actuellement président de R.A. Hemstock Engineering Services Ltd, M. Hemstock a été membre de divers comités consultatifs du Conseil national de recherches, il a représenté l'Association pétrolière du Canada au sein du comité consultatif de la recherche sur l'utilisation des terres de l'Arctique, il a représenté le Canada dans le cadre d'un échange technique avec l'U.R.S.S. et il a contribué à la création de l'Arctic Petroleum Operators Association, dont il est président sortant.

W.L. Ford
Océanographe

M. Ford est diplômé de l'Université de la Colombie-Britannique, de la Northwestern University et du Collège de la défense nationale. Il est également titulaire honorifique de l'Université du Nouveau-Brunswick et de l'Université Dalhousie. Au cours de sa longue carrière, il a occupé des postes chez Dupont, au Woods Hole Oceanographic Institute et au Conseil de recherches pour la défense. En 1965, il a été nommé directeur du Laboratoire océanographique de l'Atlantique de l'Institut Bedford, poste qu'il a occupé jusqu'à son départ à la retraite en 1978. Tout au long de sa carrière, M. Ford a représenté le Canada au sein de divers comités océanographiques internationaux; il est également membre du Comité consultatif de l'industrie océanique et du Comité consultatif de la recherche du C-CORE. Depuis qu'il est à la retraite, M. Ford est consultant en océanographie.

DOCUMENT B1

Facteurs environnementaux critiques au large de la côte est du Canada

L'objectif visé par la Commission royale dans la deuxième partie de son enquête est d'identifier des moyens pratiques d'améliorer la sécurité de nos opérations de forage en mer. À cette fin, un certain nombre d'études ont été demandées, six d'entre elles portant sur les aspects suivants de l'environnement physique: prévisions météorologiques, glaces, climatologie, océanographie, climat des vagues et fond marin (1, 2, 3, 4, 5 et 6). Les rapports de ces études ont été révisés par les collègues des auteurs, puis soumis à une critique rigoureuse lors d'un atelier récent (9) auquel participaient les auteurs, leurs collègues réviseurs et d'autres spécialistes de l'industrie, du monde de l'océanographie et de la météorologie et d'organismes de réglementation. Dans mon exposé, j'insiste sur les aspects qui, à mon avis, ont été mis en évidence par ce processus.

Le forage d'exploration en mer a commencé dans notre région en 1966; depuis, de nombreuses installations de forage de différents modèles utilisées dans une grande variété de conditions - dont certaines tout au long de l'hiver - ont foré quelque 200 trous. Pendant tout ce temps, il y a eu une catastrophe, le naufrage de l'*Ocean Ranger*, qui n'a pas été attribuée directement (7, 8) aux facteurs environnementaux, bien que ceux-ci aient eu un effet dévastateur une fois que les choses ont commencé à mal aller.

Malgré cette tragédie, l'impression globale qui se dégage est celle d'une industrie qui se préoccupe vraiment des éléments du milieu physique qui influent sur la sécurité. Mentionnons entre autres ses apports notables à l'acquisition de connaissances sur ces aspects.

Avant de commencer l'examen de questions environnementales particulières, je désire faire une remarque générale sur les divergences d'opinions concernant la pertinence, du point de vue de la sécurité, de nos connaissances en matière d'environnement. Ces opinions se partagent, à mon avis, entre deux écoles de pensée. Certains estiment que les connaissances et les services d'information actuels sont suffisants pour qu'on puisse explorer sans danger. Par conséquent, au strict plan de la sécurité, il n'y a pas vraiment lieu d'envisager de nouvelles initiatives par rapport aux facteurs environnementaux. Il n'en reste pas moins que de telles initiatives seraient souhaitables, ne serait-ce que pour améliorer le rendement. Les tenants de cette école ont tendance à dissocier bonnes mesures de sécurité et saines considérations économiques. En revanche, aux yeux des défenseurs de l'autre école de pensée, qui dit bonnes mesures de sécurité dit bonnes affaires, surtout dans une perspective à long terme. Par exemple, il serait vraiment étonnant qu'une amélioration importante de la fiabilité des prévisions météorologiques - particulièrement des conditions rigoureuses - qui à la réduction des pertes de temps dans les opérations allierait un accroissement d'efficacité, ne contribuerait pas aussi à maintenir ou à améliorer la sécurité. La réduction du risque d'être pris au dépourvu par une détérioration soudaine des conditions météorologiques est sûrement un facteur qui joue en faveur de la sécurité.

Les prévisions des conditions météorologiques et de l'état de la mer (le sujet de la première des six études) font intimement partie de l'exploitation quotidienne des installations de forage, des ravitailleurs et des hélicoptères de soutien. Tous s'entendent pour dire qu'il faut améliorer la précision des prévisions, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter leur niveau de confiance.[1]

Il ne sera pas facile d'améliorer de façon appréciable la précision des prévisions. Bien que toutes les installations de forage de notre secteur offshore fassent partie du réseau d'observation, les prévisions en temps réel des conditions météorologiques et de l'état de la mer dans les eaux au large de la côte est sont généralement beaucoup moins bonnes que les prévisions faites à partir de stations terrestres. Pour améliorer de façon appréciable la qualité des prévisions maritimes, il faudra améliorer grandement la base de données en temps réel, par exemple par l'addition de nombreux autres points d'observation en mer ou par l'utilisation accrue de la technologie des satellites. De plus, il y a le problème des phénomènes à moyenne échelle, comme les grains et les dépressions polaires, qui sont assez mineurs pour passer inaperçus dans le réseau d'observation à l'échelle synoptique mais qui peuvent générer des vents d'une force voisine de celle d'un ouragan. Enfin, on connaît mal la physique de ces phénomènes, ce qui nuit à l'élaboration de modèles de prévision utiles à moyenne échelle, même si on dispose de la base de données nécessaire.

Bien sûr, ce problème n'est pas propre à la région située au large de la côte est du Canada. On lui accorde beaucoup d'attention partout dans le monde. Au Canada, suite à un atelier de planification des recherches météorologiques à moyenne échelle tenu en janvier 1983, une réunion a eu lieu pour examiner la situation de la côte est, particulièrement des points de vue de l'«utilisateur» et du «fournisseur». Par la suite, la planification a conduit à une demande de financement auprès du Bureau de recherche

et de développement sur l'énergie, pour l'étude des processus à moyenne échelle associés aux grosses tempêtes d'hiver de l'Atlantique. La demande a été fortement appuyée par des représentants des milieux industriel, universitaire et gouvernemental (15).

Les sociétés Mobil Oil et Petro-Canada, le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) et le Laboratoire océanographique de l'Atlantique à l'Institut océanographique de Bedford ont entrepris ensemble l'hiver dernier un projet expérimental en vue d'évaluer la possibilité d'utiliser des bouées captives pour améliorer le réseau d'observation. Ces bouées ont été ancrées à trois sites, à raison d'une bouée par site, le long du flanc sud des Grands bancs. Tout au long de l'hiver, elles ont transmis au SEA, par satellite, la pression atmosphérique et la température à la surface de la mer. On effectue présentement une étude analytique à l'Université Dalhousie afin de déterminer si les mesures additionnelles de la pression améliorent de façon appréciable les systèmes d'observation et de prévision des conditions météorologiques dans la région des Grands bancs. Si c'est bien le cas, un bon pas aura été fait en vue d'améliorer la base de données offshore en temps réel et par suite la précision des prévisions à un coût raisonnable.

En plus d'améliorer le produit de base, on devrait améliorer la «présentation» et la «livraison» de ce produit en favorisant de meilleures relations entre le prévisionniste et le client, en améliorant les méthodes de vérification et en perfectionnant le personnel chargé de l'interprétation sur place. La mise en application rapide de ces mesures, à défaut d'une solution immédiate des problèmes sous-jacents de prévision des conditions météorologiques, devrait être bénéfique à court terme.

La deuxième étude porte sur les glaces. Mis ensemble, les icebergs et la banquise des eaux de l'est du Canada présentent des difficultés d'un type unique pour le forage d'exploration, et à plus forte raison pour la production. L'industrie a réussi à surmonter ces difficultés en mettant au point un système de gestion des glaces. Le but essentiel de ce système est la prévention des collisions. Dans les eaux envahies par les glaces, par exemple sur le plateau continental du Labrador, l'application de cette méthode de prévention des collisions restreint l'exploitation à la saison pendant laquelle les eaux sont libres de banquise et généralement à partir de bateaux de forage à positionnement dynamique qui peuvent quitter rapidement les lieux lorsqu'ils sont menacés par un iceberg. Plus au sud, dans la région d'Hibernia, des unités de forage semi-submersible sont à l'oeuvre toute l'année. Pour éloigner ces unités de façon ordonnée devant la menace grandissante des glaces, il faut beaucoup plus de temps que pour un navire à positionnement dynamique. En gros, le système est basé essentiellement sur la détection et le pistage de toute masse de glace dans le voisinage et de l'établissement de zones d'alerte et de sécurité appropriées au type de plate-forme de forage utilisée. Par exemple, on commence à dégager les organes de forage et les ancres dès qu'un iceberg s'approche à moins de 40 km d'une plate-forme ancrée (2).

Dans la région d'Hibernia qui connaît une activité toute saison depuis quatre ou cinq ans ce n'est qu'au cours des deux dernières années que la glace a fait son apparition (2). Aussi, l'expérience de surveillance des glaces d'hiver est encore très limitée. Au cours de la dernière année, on a assisté à une amélioration importante qui consiste en l'établissement d'un système de surveillance coordonné (industrie et gouvernement) desservant un centre d'opéraitons commun et utilisant tous les moyens disponibles pour repérer les glaces, à savoir l'observation visuelle et radar par avions, hélicoptères et navires. L'industrie s'emploie encore activement à perfectionner des moyens de détection et de pistage des glaces de mer et des icebergs. On met l'accent sur l'amélioration des radars maritimes classiques et des radars d'imagerie aériens (9). De plus un projet au titre du Fonds renouvelable pour études environnementales est mené en 1984 pour la réalisation d'études sur le terrain relatives aux possibilités d'utilisation du radar à antenne synthétique et du radar à balayage latéral en vue de détecter les icebergs, les *bergy bits* et les bourguignons dans des conditions diverses (10).

La détection et le pistage constituent un problème particulièrement difficile à résoudre lorsque la visibilité est faible et que le temps est mauvais. À l'atelier (9), la société NORDCO a présenté quelques résultats de calculs récents sur les possibilités de détection des glaces par les radars maritimes classiques en fonction de l'état de la mer, en prenant comme cible une masse de glace de 20 m de longueur et de 5 m de hauteur, c'est-à-dire un gros *bergy bit*. Pour l'état de la mer 0-1, la probabilité de détection est évaluée à 90 % jusqu'à la distance d'environ 7 km. Lorsque la mer devient plus agitée, les échos de vagues augmentent, ce qui réduit la qualité de la détection à faible distance. Ainsi, pour l'état de la mer 4, la probabilité de détection entre 0 et 5 km est inférieure à 10 %. À 7 km, elle passe à 25 % et à plus grande distance, elle diminue rapidement. Pour l'état de la mer 6, les échos de vagues sont assez importants pour que la probabilité de détection devienne pour ainsi dire nulle à toute distance.

Lever (11) conclut dans un rapport d'étude d'un modèle de comportement des glaces par forte mer que les masses de glace qui sont petites par rapport à la vague se déplacent comme des particules d'eau. Ainsi, des vitesses maximales à l'échelle réelle de 4,5 m/s sont possibles pour un *bergy bit* de 4 300 tonnes dans une vague de tempête de 14 m et 12 s. L'énergie cinétique du *bergy bit* serait égale à celle d'un iceberg de 300 000 tonnes se déplaçant à 1 noeud. Selon certains (9), bien que ces études d'impact soient très importantes au plan des systèmes de production, elles ne sont pas particulièrement pertinentes à la sécurité dans le forage d'exploration, étant donné qu'elles ne contribuent pas aux mesures de prévention des collisions. Cette opinion n'est pas partagée par tous. La probabilité qu'une masse de glace ne soit pas détectée par le réseau de surveillance dans des conditions qui pourraient conduire à une collision importante, bien qu'elle soit généralement considérée très faible, ne semble pas avoir été évaluée quantitativement. Cependant, Lever (9), en collaboration avec C-CORE, se propose d'évaluer la probabilité composée des collisions. Des études de ce genre devraient être un apport important à l'évaluation du niveau de sécurité offert par le système de gestion des glaces dans la région d'Hibernia.

On s'est intéressé à la question du givrage dans trois des études (1, 2 et 3) ainsi qu'à l'atelier (9). Le terme givrage englobe les accumulations sur les structures résultant de la formation de givre blanc ainsi que les embruns ou les précipitations qui se transforment en glace au contact. En se basant sur l'expérience d'exploitation qu'elle a acquise jusqu'à maintenant, l'industrie considère (9) qu'elle gère ses opérations de façon que le givrage ne réduise pas la sécurité des plates-formes de forage, des ravitailleurs ou des hélicoptères.

Des points de vue du prévisionniste et du climatologiste, le givrage est perçu comme un problème d'une importance considérable pour la sécurité en mer. Les améliorations largement souhaitées au plan de la précision des prévisions, dont il a été question précédemment, s'appliquent certainement aux aspects particuliers des prévisions de givrage et par conséquent aux opérations que le givrage risque de gêner, par exemple les opérations de sauvetage aérien en mer et l'utilisation des hélicoptères. Les météorologues considèrent que les connaissances sur le givrage en mer sont très insuffisantes (2), (3) et que des études systématiques à long terme sont nécessaires. La base de données actuelle ne permet pas de décrire ou d'évaluer la probabilité d'apparition de phénomènes de givrage extrême. Par contre, dans nos études, nous n'avons trouvé aucun cas faisant mention d'un fort givrage pour les nombreuses plates-formes qui ont

été utilisées dans des endroits et dans des conditions sujettes au givrage. Bien qu'on puisse pour cette raison être porté à croire que les phénomènes de fort givrage sont rares, il est important de reconnaître qu'il n'existe actuellement aucune base scientifique permettant d'évaluer avec certitude la probabilité de leur apparition.

Les climatologistes estiment qu'il n'y a pas suffisamment de documentation sur la plupart des aspects du climat maritime (3). La principale cause de cette lacune est l'absence générale de données de base relatives à *tous* les paramètres, particulièrement en ce qui concerne l'hiver et les eaux septentrionales. Même en ce qui a trait au vent - le paramètre le plus important - la base de données est insuffisante pour permettre de définir sa variabilité dans le temps et dans l'espace, les effets exercés par les structures sur le champ de vent ou les valeurs extrêmes. À l'atelier (9), on a remarqué que les différentes méthodes d'évaluation du vent de 100 ans à Hibernia donnaient des valeurs comprises entre une vitesse aussi faible que 60 noeuds et une aussi grande que 140 noeuds. Devant une telle incertitude, le concepteur ou le planificateur est probablement contraint à baser sa conception sur des valeurs excessives, sans être certain que cette façon de procéder améliore le moindrement la sécurité.

Au cours des 18 dernières années, l'industrie, en utilisant les données climatologiques disponibles, a réussi à mettre en marche des opérations dans une variété de conditions rigoureuses sans que ne se produise un seul accident grave attribuable directement à la mauvaise appréhension d'un facteur climatologique. On peut en conclure que du point de vue opérationnel il n'est pas nécessaire de perfectionner la climatologie strictement en vue d'améliorer la sécurité des opérations. Cette remarque est évidemment valable à court terme, mais qu'en est-il à long terme? Les améliorations dans ce domaine sont intrinsèquement un processus à long terme relié au perfectionnement de l'aspect spatial de la base de données mais surtout au perfectionnement de son aspect temporel, qu'on ne peut pas accélérer. L'expérience porte à croire que des améliorations seront apportées et utilisées dans l'industrie à de nombreuses fins, y compris le resserrement des normes de sécurité.

Quelques éclaircissements s'imposent au sujet de l'océanographie. Bien que le climat des vagues relève manifestement de cette science, il a fait l'objet d'une étude particulière parce qu'il constitue un facteur environnemental limitatif d'importance cruciale. Il est ressorti de l'étude océanographique - qui a porté sur l'océanographie physique en général à l'exclusion des vagues - que le domaine est suffisamment perfectionné pour garantir la sécurité du forage d'exploration et de délimitation (4). Deux aspects sont cependant ressortis. Le premier concerne la prévision de trajectoire d'un iceberg donné sur une période allant jusqu'à quelques jours. On a réalisé un certain nombre d'essais en vue de faire des prévisions utiles, mais ils n'on pas été très concluants. Au Laboratoire océanographique de l'Atlantique de l'IOB, on adopte présentement une nouvelle technique basée sur l'utilisation du courantomètre acoustique d'apparition récente qui permet de déterminer rapidement le champ de courant autour d'un iceberg (15). Par cette technique, on veut déterminer s'il existe une possibilité réelle dans un avenir prévisible de faire des prévisions de trajectoire assez précises pour être utilisables dans un système de gestion des glaces.

Le deuxième aspect - qui est ressorti nettement des études sur l'océanographie et le climat des vagues - concerne la nécessité de réunir quelques séries de valeurs du courant, du vent et des vagues mesurées simultanément sur les lieux de plates-formes soumises à diverses conditions environnementales. L'un des objectifs est d'établir une relation entre le courant d'une part et les vagues et le vent locaux d'autre part de façon à permettre la prévision des courants extrêmes, ce qui n'est pas possible actuellement. L'autre objectif est d'en arriver à mieux comprendre les interactions entre les vagues et le courant, lesquelles ont des incidences importantes tant pour les prévisions de l'état de la mer que pour les prévisions du climat des vagues.

Un comité mixte formé de représentants de l'industrie, des universités et du gouvernement (17) étudie de façon continue les questions de nature océanographique qui préoccupent l'industrie. Ce comité s'intéresse principalement aux aspects de l'océanographie physique des Grands bancs qui intéressent l'exploitation offshore.

Vues sous l'angle énergétique, les vagues sont le facteur environnemental le plus puissant dont il faut tenir compte dans les opérations en haute mer. Un aspect très important des renseignements concernant les vagues a déjà été traité dans le cadre de la prévision des conditions météorologiques, c'est-à-dire la prévision des vagues, mais je voudrais maintenant aborder des questions non résolues qui ressortissent à la climatologie des vagues. Dans l'étude sur le climat des vagues (5), il a été question des besoins des propriétaires ainsi que des organismes qui se consacrent à la conception, à la classification ou à la réglementation. Il est établi que ces organismes attendent des données valables sur le climat des vagues en général, y compris des analyses spectrales, et des évaluations fiables des hauteurs et périodes de vague extrêmes, ainsi que des hauteurs de crête. Ces attentes ne sont évidemment pas reliées exclusivement à l'aspect sécurité.

Encore aujourd'hui notre base de données accuse de grandes lacunes. Sur ce plan, les informations dont nous disposons pour le plateau continental du Labrador et les eaux septentrionales sont carrément déficientes. La situation est nettement meilleure en ce qui concerne les eaux profondes des zones méridionales; il est généralement admis que les données relatives à Hibernia atteignent un degré de précision qui permet une estimation fiable de la récurrence de hauteur de vague sur 100 ans. Cependant, en ce qui concerne les eaux peu profondes dans lesquelles les effets de fond peuvent jouer un rôle important, par exemple autour de l'île de Sable, les connaissances actuelles laissent à désirer. On a encore beaucoup à apprendre sur la physique des trains d'ondes complexes se déplaçant en eaux peu profondes, auxquels s'ajoute souvent l'effet de forts courants, avant d'être en mesure de donner une description fiable de ce cas particulier de climat des vagues et de ses extrêmes.

La qualité et la précision des données environnementales, par exemple sur le climat des vagues, qu'exige la planification des systèmes de production doivent être supérieures à celles requises pour le forage d'exploration. Le climat des vagues dans les eaux peu profondes du site Venture en est un bon exemple, et la société Mobil effectue présentement des études pour appuyer la planification de la mise en valeur de ce champ (13). Comme avantage, toute amélioration obtenue au plan de la connaissance des phénomènes extrêmes dans le secteur permettra d'accroître la marge de sécurité dans les opérations d'exploration en cours.

Ces études visent à produire des résultats dans une période de quelques mois et on ne peut pas s'attendre à ce qu'elles permettent d'améliorer les connaissances sur la physique du comportement des vagues. Des scientifiques allemands, hollandais et britanniques ont connu récemment un certain succès dans la modélisation de la génération et de la propagation des vagues dans les eaux peu profondes de la mer du Nord (12), ce qui est révélateur de l'intérêt grandissant porté à la question. Il existe un besoin évident de recherche suivie à plus long terme en vue de résoudre ce problème complexe du point de vue scientifique, avec les aspects particuliers qu'il présente dans les eaux canadiennes. Étant donné la nature du problème, cette recherche devrait être entreprise conjointement par l'industrie, les universités et le gouvernement pour qu'il soit possible de profiter pleinement de l'évaluation indépendante et ouverte de la planification et de résultats de projet qu'offre cette façon de faire. Il existe des précédents

reconnus à cette approche de la recherche.

Du point de vue de l'exploitation, deux besoins concernant le climat des vagues ont été déterminés à l'atelier (9): obtenir des estimations plus fiables de la vague de 100 ans, pour bien établir le dégagement du pont, et réaliser des spectres de vagues qui serviront éventuellement dans l'analyse de la fatigue structurale des plates-formes. On s'intéresse dans ce cas à la région du spectre pour laquelle la fréquence d'impact des vagues sur la structure peut être étroitement reliée à la fatigue.

D'après les conclusions de l'étude sur les données disponibles sur le fond marin (6), les levés géophysiques et la cartographie régionale ne fournissent pas à eux seuls assez de renseignements pour permettre de déterminer l'emplacement des opérations de forage, et des études géotechniques propres au site sont nécessaires. L'industrie reconnaît cette situation, et elle effectue couramment des levés propres au site.

Le principal élément qui ressort de cette étude (6) et des débats qui ont suivi (9) est l'échantillonnage par trous de sonde en tant qu'élément essentiel pour déterminer si un site convient à l'installation d'une plate-forme auto-élévatrice. Le défoncement est une cause importante de rupture dans les plates-formes auto-élévatrices (6). La probabilité de rupture des fondations des unités offshore, bien qu'elle soit faible, est environ 10 fois plus grande qu'à terre (6). On ne peut pas se fier uniquement aux techniques de levés géophysiques et géotechniques en surface pour vérifier s'il existe des conditions de défoncement possible (6). En effectuant en plus des analyses d'échantillons de trous de sonde, on peut faire une évaluation plus fiable. À l'heure actuelle, l'utilisation des trous de sonde est facultative dans les études visant à déterminer l'emplacement des plates-formes auto-élévatrices. La sécurité serait accrue si cette façon de procéder était rendue obligatoire.

En résumé, on n'a cerné aucune lacune évidente dans les connaissances relatives à notre environnement maritime qui puisse représenter un danger imminent pour les opérations offshore, pourvu que de bonnes mesures de sécurité soient appliquées. Cependant, il est évident que de nombreuses améliorations sont nécessaires. Prises globalement, ces améliorations, qui sont généralement mineures, permettront, par une gestion prudente, d'accroître la sécurité sur une grande échelle. La meilleure façon de réaliser des améliorations de façon économique et en temps opportun consisterait probablement à appliquer des programmes mixtes soutenus de recherche et développement. Récemment, un nombre encourageant d'ententes de collaboration ont été conclues. Voilà un moyen qui, davantage mis à contribution, contribuerait sûrement à satisfaire les nouveaux besoins en recherche et développement sur l'environnement physique qui au fil des prochaines décennies naîtront de l'industrie offshore de l'est du Canada.

[1]La portée de l'étude sur les prévisions météorologiques de Seaconsult, Limited (1) a été élargie afin d'englober l'utilisation des prévisions faite par les exploitants et ce qu'ils perçoivent comme étant leurs besoins. Comme le rapport sur ce travail n'est pas terminé, on n'en tient donc pas compte dans le présent exposé.

Bibliographie

(1) Weather Forecasting Services for the Canadian Offshore, Seaconsult Limited, février 1984.
(2) A Review of Ice Information for Offshore Eastern Canada, Nordco Limited, juin 1984.
(3) Revue des progrès récents en matière de climatologie maritime de la côte est du Canada, par V.R. Swail et L.D. Mortsch, Centre climatique canadien, Service de l'environnement atmosphérique, 27 avril 1984.
(4) Oceanographic Information for the Eastern Canadian Offshore, Adequacy for Exploratory Drilling, Seaconsult Limited, avril 1984.
(5) An Assessment of the State of Knowledge of East Coast Offshore Wave Climatology, J.R. Wilson, Marine Environmental Data Service et W.F. Baird, W.F. Baird and Associates, juin 1984.
(6) The Adequacy of Available Seabed Information as Input to Design Criteria and Operating Constraints for Eastern Canada Offshore Exploratory Drilling, Jacques, Whitford and Associates Limited, 31 janvier 1984.
(7) Capsizing and Sinking of the U.S. Mobile Offshore Drilling Unit *Ocean Ranger* off the East Coast of Canada February 15, 1982, rapport d'accident maritime de la National Transportation Safety Board, 15 février 1983, Washington, D.C. Rapport n° NTSB-Mar-83-2.
(8) Commandants' Action on the Marine Board of Investigation convened to investigate the circumstances surrounding the capsizing and sinking of the Mobile Offshore Drilling Unit (MODU) *Ocean Ranger*, O.N. 615641, in the Atlantic Ocean on 15 February 1982 with multiple loss of life, United States Coast Guard, 21 octobre 1983.
(9) Actes de l'Eastern Canada Offshore Exploration and Physical Environment Workshop. 27-28 juin 1984, Saint-Jean (Terre-Neuve).
(10) Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement, mis à jour, Vol. II (1), p. 7, 23 février 1984, Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, Ottawa.
(11) James Lever, «Wave Action on Icebergs and Bergy Bits», *Atlantic Energy News*, p. 15, mai 1984. Aussi, C-CORE, rapport n° 84-7.
(12) Communication personnelle de W. Perrie, Laboratoire océanographique de l'Atlantique (IOB).
(13) Venture Environmental Impact Statement Addendum, par Mobil Oil Canada Limited, mars 1983, Section 3.1.6, Study Programs. Communication personnelle, juillet 1984. La société Mobil confirme que son programme actuel sur le climat des vagues pour le site Venture est celui décrit dans l'annexe mentionnée ci-dessus.
(14) SCMO 1983, «Atelier de planification de la recherche en météorologie à l'échelle moyenne», Société canadienne de météorologie et d'océanographie, Comité scientifique, rapport annuel.
(15) Communication personnelle de J.A. Elliott, Laboratoire océanographique de l'Atlantique (IOB).
(16) Communication personnelle de C.S. Mason, Laboratoire océanographique de l'Atlantique (IOB).
(17) The Grand Banks Physical Oceanography Steering Group. Président: J. Buckley, Pétro-Canada; membres: J. Benoit, Mobil Canada, C. Garret, Université Dalhousie, A. Hay, Université Memorial, C. Mason et B. Petrie, Laboratoire océanographique de l'Atlantique (IOB).

Note: Les références bibliographiques 1 à 6 sont des rapports qui ont été présentés à la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger*.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT B1

L. Draper
Océanographe
Institut des sciences océanographiques

M. Ford a bien résumé les facteurs environnementaux présents dans ces eaux et je crois que le commentaire le plus utile que je puisse formuler est de faire une mise en garde au sujet de la précision des prévisions de houle. Je suis aussi coupable que quiconque d'avoir laissé les ingénieurs entretenir l'idée que les prévisions de houle sont vraiment précises; il nous arrive de donner sans le vouloir cette impression.

Au sujet de la houle ou des vagues, je me pose un certain nombre de questions pour lesquelles je n'ai pas de réponse. La plus simple, peut-être, est la suivante: «Qu'entend-on par la crête d'une vague?» Cela peut paraître évident, mais c'est loin de l'être. La distance entre le milieu constitué à 100 % d'eau et celui à 99 % d'air se situe sans doute autour de deux mètres dans une grosse tempête. Alors, où se situe la crête? Qu'entend-on par la crête? Sans doute la hauteur apparente sur l'enregistreur se situe-t-elle dans cette fourchette de deux mètres, mais pour la situer avec précision, toutes les hypothèses sont bonnes. Ce qui est sûr, c'est qu'un important volume d'eau se déplace horizontalement au-dessus du niveau où l'on croit que se trouve la crête de la houle et ce, à la vitesse de 30 ou 40 noeuds. Alors je ne sais vraiment pas où se trouve la crête compte tenu de l'état de la mer à un moment donné.

Autre point que j'ignore: la répartition exacte des crêtes. N'ayez aucune inquiétude si j'emploie des expressions que vous connaissez mal, comme «distribution de Rayleigh»: ce sont les conclusions qui comptent. On s'entend tacitement pour penser que la hauteur de houle se répartit suivant le modèle de Rayleigh, ce qui est vrai dans la plupart des conditions que nous pouvons mesurer. Il n'est toutefois pas prouvé que le modèle s'applique aux situations extrêmes, alors que les éléments perdent beaucoup de leur caractère linéaire. En fait, il n'est valable, strictement parlant, que pour une étroite bande du spectre de houle ordinaire.

Une autre question se pose: «Jusqu'à quel point nos mesures sont-elles exactes?» Les instruments sont loin d'être parfaits. Même si l'étalonnage de l'instrument frise la perfection pour l'ensemble de la gamme de fréquences, rien ne garantit que tous les enregistreurs réagissent instantanément et exactement au profil de houle. Nous considérons l'enregistrement de la houle comme étant l'évolution de la surface de l'eau suivie à travers une ligne verticale en fonction du temps. La bouée à accéléromètre, sans doute l'enregistreur de houle le plus efficace au monde, se déplace suivant une trajectoire approchant du cercle, le diamètre de ce dernier étant égal à la hauteur de houle. Elle n'indique pas ce qui se passe en un point précis, mais ce qui se passe à tel endroit à tel moment, puis 50 pieds plus loin cinq secondes plus tard. Elle altère pour le moins les rapports de phases dans les enregistrements de houle.

Quelles sont les lois qui régissent la répartition des extrêmes de hauteurs de houle? Je dois aussi me méfier des statisticiens et ne pas toujours croire tout ce qu'ils disent. Ils préconisent d'appliquer aux données un truc appelé facteur de répartition FT-1. Supposons que nous disposions de 3 000 mesures de houle observables au cours d'une année, mesures faites à une station type. «Nous avons 3 000 échantillons; nous pouvons faire de belles prévisions.» de s'écrier les statisticiens. Si on les laisse faire, ils foncent et, pour le bateau-feu *Seven Stones*, toujours en activité au sud-ouest du Royaume-Uni, ils fournissent les estimations suivantes de la hauteur de la vague de 100 ans, c'est-à-dire qui a une période de retour de 100 ans:

Facteur FT-1 appliqué aux données du *Seven Stones*

Année	H_S, 100	Limites de confiance à 95 %	
1962-63	15,79	15,73	15,86
1968	13,87	13,82	13,93
1969	13,39	13,34	13,44
1971-72	16,52	16,45	16,58
1972-73	14,61	14,55	14,67
1973-74	16,33	16,26	16,39
1975-76	13,71	13,66	13,77
1976-77	16,09	16,03	16,16
1982	16,84	16,88	17,01

À la première année de mesures, la prévision s'établissait à 15,79 (dans la pratique, on peut laisser complètement tomber la deuxième décimale de la hauteur de houle significative). Il semble qu'on puisse être sûr à 95 % qu'elle se situait entre 15,73 et 15,86. C'est merveilleux! Nous y sommes arrivés. Toutefois, on peut avoir la prudence de se dire que les conditions climatiques peuvent varier quelque peu. Examinons donc une autre année. Il se trouve que les données de l'année suivante, pour le même endroit, donnent une hauteur de 13,87 mètres. C'est pas reposant. Nous avons passé en revue les données de neuf années distinctes et en aucun cas les limites de confiance à 95 % ne se sont chevauchées. Alors qu'est-ce qu'on fait maintenant? Il faut dire en toute honnêteté que le facteur

FT-1 n'est pas conçu pour ce genre de chose; ce pour quoi il est conçu, c'est l'examen des maximums particuliers à chaque année. Il repose sur une base plus solide assortie d'une certaine justification théorique et donne des limites de confiance plus larges. Mais nous avons là une présomption plus faible bien que plus plausible.

Si vous appliquez la technique pour laquelle le facteur FT-1 a été conçu aux données des neuf années d'observation du *Seven Stones*, la limite de confiance à 95 % se situe entre 90 et 132 % de la valeur que vous avez prévue. Si vous avez eu la chance de recueillir des données pour 20 années et avez prévu les mêmes valeurs, la limite de confiance à 95 % se situera alors entre 92 et 115 %. Il ne faut donc pas s'imaginer que l'on peut faire des prévisions au demi-mètre près. Ce n'est tout simplement pas le cas.

Abordons maintenant un autre problème pas commode: «Dans quelle mesure échantillonnons-nous bien les données sur la houle?» Nous avons une station avec bouée à accéléromètre qui se trouve dans des eaux comparables à celles d'Hibernia mais qui est située au large de la côte ouest des Hébrides extérieures, où les conditions sont en fait plus difficiles. Un scientifique néo-zélandais venu en visite, M. B.R. Stanton, a montré récemment que les accéléromètres ont tendance à perdre surtout les enregistrements des houles les plus fortes; la situation est pire par mauvais temps. Je n'apprends rien à personne en disant que ce qui se produit, si vous utilisez les techniques courantes et ne tenez aucun compte de ce fait, c'est qu'il y a sous-estimation des conditions extrêmes. M. Stanton a montré qu'il faudrait apparemment estimer à 16 % de plus les valeurs initialement prévues des conditions extrêmes dans cette région très difficile. Nous avons encore à apprendre aujourd'hui.

Pour ce qui est de la houle, les conditions qui règnent dans le secteur Hibernia se comparent grosso modo à celles de la partie nord de la mer du Nord; les périodes de houle y sont probablement un peu plus longues parce que le secteur Hibernia se trouve à la périphérie d'un océan, ce que n'est pas la mer du Nord. Certains problèmes sont inquantifiables mais je crois pouvoir hasarder des estimations fondées sur nos 20 ans d'expérience dans la mer du Nord. Je ne sais pas ce que cela représente en «années-plates-formes», mais ça doit faire beaucoup. Tout au long de ces 20 années, il ne s'est produit aucun incident catastrophique qui puisse être attribué à une méconnaissance des vagues. Je pourrais me mouiller et affirmer que les valeurs dérivées, celles que nous avons publiées, se trouvent probablement à plus ou moins 10 % de la valeur réelle - si une telle notion existe - pour les stations typiques. Même alors, il n'y a aucune indication de surestimation de la hauteur de houle. Mais nous n'en sommes pas au point où il n'y a pas d'accidents. Nous ne pouvons nous croiser les bras et être satisfaits de nous.

Il y a d'autres commentaires que je pourrais formuler sur la prévision *a posteriori*, car le but ultime est de pouvoir faire des prévisions *a posteriori* plutôt que de mesurer. Il n'est guère probable que cette technique devienne vraiment fiable dans les dix prochaines années.

J'aimerais tout de même revenir sur la question de la bouée enregistreuse Hermes, mentionnée dans le texte de M. Ford, appareil qui mesure, je crois, la pression atmosphérique et la température au ras de la mer. Tant qu'à lancer une bouée, je trouve dommage de ne pas prendre ce qu'on peut trouver de mieux. Au Royaume-Uni, nous avions un appareil DB-1 (Data Buoy 1) que nous avons utilisé pendant environ trois ans dans les Western Approaches et qui s'est comporté exceptionnellement bien; nous avons fait de très belles moissons de données. Nous en sommes maintenant à la phase suivante ou nous utilisons des bouées un peu plus petites, appelées DB-2 et DB-3 et déployées au sud-ouest et au nord-ouest du Royaume-Uni. Elles coûtent un quart de million de livres chacune, mais le rendement en données est garanti; il y a une sévère pénalité financière si vous n'obtenez pas un rendement de 95 %. Tout est fait en double: les données sont transmises par METEOSAT toutes les heures et, par petites quantités, toutes les trois minutes par ARGOS (dans le deuxième cas, elles servent principalement à la détermination de la position, mais pas exclusivement). La qualité des données est contrôlée en fonction d'une norme acceptée par l'ISO et les données elles-mêmes peuvent être disponibles dans les minutes suivant la mesure, s'il vous faut une réponse instantanée. Investir un million de dollars pour mettre à l'eau deux bouées, dans le vent (ou dans la houle), ne me semble pas être un luxe si l'on considère la sécurité d'une structure de la taille de l'*Ocean Ranger*. Il faudrait, je crois, que quelqu'un examine la possibilité de dépenser un peu plus à cet égard.

Le message que je veux livrer, c'est qu'il nous faut vraiment procéder à une évaluation réfléchie de tout ce qui concerne l'environnement. Pour reprendre l'idée de M. Harrison, il ne faut pas se croiser les bras. Confiez à quelqu'un la responsabilité de veiller à ce que tous les aspects soient les plus sûrs possibles. En un mot, il faut absolument tout vérifier, sous tous les rapports, et n'allez pas croire que ce qui est écrit est vérité d'évangile. Rien n'est immuable.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT B1

W. Speller
Superviseur, Évaluation offshore
Affaires environnementales,
Petro-Canada

En tant que participant à la discussion sur les questions environnementales relatives à la sécurité des opérations d'exploration offshore, j'ai eu la chance d'examiner - puis d'y réagir - les six rapports portant sur cette question établis par la Commission. J'ai également eu l'occasion d'assister récemment à l'atelier sur l'exploration et l'environnement physique dans l'est du Canada.

Pour moi, ces activités ont été à la fois instructives et surprenantes. Surprenantes parce que certains organismes gouvernementaux et certains intervenants n'ont pas toujours saisi comment on utilise l'information d'ordre environnemental pour planifier les opérations de forage en mer ou pour soutenir les activités quotidiennes. L'atelier a été riche d'enseignements pour tous les participants et il a apporté à la Commission un point de vue équilibré sur les questions environnementales qui touchent la recherche d'hydrocarbures en mer.

En ce qui concerne le document établi par M. Ford, je suis d'accord avec son contenu, ses conclusions et le ton de ses diverses parties. Il constitue une revue juste et équilibrée des documents, de l'atelier sur l'environnement physique et des efforts de recherche et de développement en matière d'environnement physique actuellement en cours au Canada. D'après moi, l'analyse des questions environnementales que nous ferons aujourd'hui ne portera pas tant sur ce que nous devrions ou ne devrions pas faire que sur l'accent que nous devrions mettre dans un sens ou dans l'autre pour atteindre nos objectifs dans l'efficacité et l'efficience. Dans cet esprit, j'estime utile de résumer plusieurs points fondamentaux qui, je crois, nous aideront à préciser notre réflexion sur l'environnement physique offshore.

Premier point: tant par la qualité que par la quantité l'information environnementale dont nous disposons pour différents secteurs de la côte est du Canada - sans parler des autres régions offshore du Canada - pèche par manque d'uniformité; et il n'est pas dit que nous réussirons un jour à corriger cette lacune. Quand la recherche des ressources offshore ou les échanges commerciaux maritimes se font dans des régions nouvelles, l'information d'ordre environnemental utilisable est toujours réduite à sa plus simple expression. Seuls les progrès technologiques, comme les satellites météorologiques, et la recherche permettront d'accroître nos connaissances de base des conditions ambiantes dans ces nouvelles régions.

Le véritable enjeu de notre débat est le degré de risque que nous sommes prêts à accepter et la quantité d'information sur le milieu jugée nécessaire pour atteindre le degré de sécurité que souhaite notre société. Dans cette optique, des normes pour la conception des navires et des modalités pour leur exploitation, des règlements et des lignes directrices pour la planification et la gestion des opérations ont été édictés par les gouvernements, tout cela pour contenir les risques dans les limites de l'acceptable.

Voilà qui m'amène à mon deuxième point. Dans le secteur offshore de la côte est où des installations de classe internationale sont en activité toute l'année, une attention vigilante est accordée aux facteurs environnementaux qui restreignent cette activité; on pense ici aux glaces et aux conditions atmosphériques rigoureuses qui multiplient les risques tant pour l'équipement que pour les opérations. Ces installations ainsi que les navires et les aéronefs qui les soutiennent sont choisis en fonction de leur modèle et des extrêmes de vent, de houle et de courant qu'ils sont appelés à subir. Comme il se doit, des estimations des extrêmes sur une période de cent ans sont fournies aux ingénieurs aux fins d'évaluation. Les intervalles de confiance sont aussi précisés, pour indiquer la qualité des données. Par l'expérience acquise au Canada, nous savons que les estimations des extrêmes environnementaux sont fiables; on s'y rapporte avec bonheur pour la sélection des installations offshore ainsi que pour la planification du soutien logistique que nécessite leur fonctionnement.

Pour mon troisième point, je dirai que les activités quotidiennes d'exploration offshore sont conçues pour être poursuivies avec l'information environnementale de base que commande leur soutien. De plus, des décisions de gestion sont prises au jour le jour pour atténuer les risques que pourraient courir les opérations si l'information environnementale était plus ou moins erronnée ou si elle n'était pas reçue en temps opportun. À titre d'exemple, mentionnons les décisions portant sur l'évacuation de l'installation devant la menace d'un ouragan qui remonte le littoral est. Il faut 48 heures pour mettre à exécution une décision d'évacuer les équipages en poste sur les Grands bancs ou sur le plateau continental Scotian. De toute évidence, il faudra que notre capacité à prévoir la trajectoire des ouragans alors qu'ils se trouvent à la latitude des Carolines augmente dans des proportions énormes avant que les chefs d'installations de forage, prenant un risque calculé, soient en mesure d'estimer que la tempête ne

menace pas l'installation ni son équipage. Il en va de même pour le pistage des icebergs approchant des installations ancrées sur les Grands bancs. Je ne veux pas, par ces exemples, diminuer la nécessité ou la valeur de la R-D sur les problèmes environnementaux de cet ordre; toutefois, il faut bien évaluer, pour chaque proposition d'étude, la capacité de prévision nécessaire pour faire face au danger qui pèse sur les activités d'exploration offshore.

Pour ce qui est de nos efforts futurs pour améliorer l'information environnementale relative au secteur offshore, il est à la fois nécessaire et important de travailler ensemble à faire converger nos efforts de R-D et de gestion. Nous n'avons ni le temps ni les ressources voulues pour une réédition de certaines des initiatives isolées qui ont été prises dans le passé. En ce qui concerne l'orientation et le niveau de la R-D sur l'environnement physique maritime au Canada, il est évident que les efforts se sont intensifiés dans des proportions appréciables ces dernières années, surtout en conséquence des projets de mise en valeur des ressources pétrolières des Grands bancs et du plateau continental Scotian. Pour ce qui est de la R-D, la coordination entre l'industrie et le gouvernement s'est considérablement améliorée grâce au Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement, au Bureau de recherche et de développement sur l'énergie et à divers groupes d'étude gouvernementaux. Des spécialistes et des universités du Canada apportent aussi leur concours, soit directement dans le cadre de contrats, soit indirectement, par l'échange d'information et la formulation de conseils. Nos efforts de R-D sont de classe internationale; ils font appel aux plus récentes découvertes de la technologie mondiale et du traitement et de l'analyse de l'information. De plus, nos objectifs de recherche se traduisent par des plans à court, à moyen et à long terme qui ont tout l'appui de l'industrie pétrolière.

Je voudrais maintenant - et ce sera mon dernier point - attirer votre attention sur les problèmes que poseront la gestion, le traitement, l'analyse et la diffusion des données sur l'environnement physique que la R-D et les réseaux de collecte de données en préparation permettront de recueillir; ces problèmes se poseront à la fois au secteur industriel et au gouvernement. À l'heure actuelle, la gestion des données sur l'environnement offshore relève de divers organismes gouvernementaux. Certains d'entre eux s'évertuent à traiter les données collectées et à les rendre accessibles. Il en ira de même pour les systèmes que nous apporteront les années à venir. Les problèmes se posent d'ailleurs plutôt au niveau des politiques et du financement qu'à celui des connaissances techniques nécessaires à la gestion des données. Si nous nous proposons effectivement de gérer comme il faut les données environnementales en temps réel du calibre que requerront les futures activités d'exploration et d'exploitation offshore, le moment est venu de coordonner nos efforts.

Plus tôt cette année, au cours de la conférence sur les questions océaniques, l'Association pétrolière du Canada a proposé que le secteur industriel et le gouvernement entreprennent de régler pour l'avenir la question de la diffusion et de la gestion des données sur l'environnement en mettant sur pied un groupe de travail qui serait chargé d'examiner les problèmes, nombreux et variés. Par ailleurs, toute solution aux problèmes nécessitera l'apport des experts-conseils en matière d'environnement. Je crois avoir mis en lumière les points que j'estime importants pour nos discussions et je suis heureux d'avoir eu l'occasion de le faire.

C.A. Bainbridge
Vérificateur principal
Lloyd's Register of Shipping

M. Bainbridge est titulaire d'une M.Sc. en conception et structure d'aéronefs et de 1956 à 1970 il a travaillé dans l'industrie aéronautique comme analyste de structures d'aéronefs. Depuis 1971, il est au service de la Lloyd's Register of Shipping où il est actuellement vérificateur principal et chef du département de génie océanique. À ce double titre il est chargé de l'analyse structurale, de l'approbation des plans, de la recherche et développement et de l'analyse informatique reliés à tous les types de structures offshore. M. Bainbridge a présenté à travers le monde, de nombreux exposés sur l'analyse structurale des structures offshore.

DOCUMENT B2

Incidence des facteurs environnementaux sur la conception

RÉSUMÉ

Le présent document trace les grandes lignes du rôle que jouent les facteurs environnementaux dans la conception des structures des plates-formes semi-submersibles. On y présente les résultats d'études de sensibilité portant sur des unités récentes et l'on y traite de l'incidence des normes canadiennes et étrangères.

HISTORIQUE

Les prédécesseurs des semi-submersibles actuelles étaient, au début des années 1950, des ossatures appuyées sur le fond marin. Pour tenir compte de la morphologie des fonds, bon nombre de ces structures comportaient des colonnes multiples et des flotteurs immergés indépendants. Les profondeurs d'eau étaient de l'ordre de 20 à 30 mètres. Une largeur et un franc-bord considérables ainsi qu'une structure réduite au niveau de la mer, dans la partie la plus exposée à l'action des vagues, caractérisaient ces installations. À ces profondeurs, les obturateurs anti-éruption se trouvaient juste en dessous du plancher de forage et au-dessus du niveau de la mer; ainsi, toutes ces unités comportaient un espace libre de forage sur toute la hauteur de la structure à l'une des extrémités. Le pont était solidaire de la structure de fond de type à treillis grâce à des colonnes dont plusieurs, généralement des colonnes d'angle, étaient de plus grand diamètre, ce qui augmentait la flottaison pendant le remorquage et au moment du déballastage pendant l'ancrage sur le site d'exploitation. Il y avait peu d'éléments de contreventement diagonaux, parfois aucun, et il est évident que bon nombre de ces structures n'auraient pu être remorquées que localement et qu'elles n'auraient pu supporter un transit océanique.

La première semi-submersible digne de ce nom, la *Bluewater I*, capable de forer en flottaison, est entrée en exploitation au début des années 1960. La majorité des plates-formes faisaient toujours appel à la technique de l'ancrage sur le fond marin. Posées sur ce dernier, elles pouvaient forer à des profondeurs de quelque 20 mètres et, en flottaison, à plus de 100 mètres. L'essor que prit l'exploration offshore, jusque là confinée à quelques régions particulières du globe, entraîna la construction d'un grand nombre de plates-formes semi-submersibles structurellement différentes.

Vers la fin des années 1960 et au début des années 1970, le principal avantage des semi-submersibles (une grande plate-forme flottante stable) fut reconnu et on en appliqua le principe à d'autres opérations offshore n'ayant rien de commun avec le forage. L'une de ces premières unités a été la *Santa Fe Choctaw I*, bâtiment comprenant huit colonnes et deux pontons à éléments de contreventement multiples, construit en 1969 comme barge-grue mais bientôt transformé en barge de pose de pipelines.

L'exploration pétrolière était alors en passe de devenir une activité à l'échelle mondiale et, à la première nécessité qui consistait à se déplacer dans des eaux plus profondes, venaient s'ajouter le besoin d'augmenter les charges en portée, l'obligation d'accroître la capacité d'emport de matériel en vrac, la nécessité de réduire le temps de transit, sans oublier l'exploitation dans des conditions environnementales plus variées et plus rudes.

À ce moment-là, divers pays concevaient et construisaient des semi-submersibles. Certains des premiers critères de conception, par exemple la stabilisation sur le fond, furent éliminés; d'autres comme le temps de transit et le coût y afférent prirent de l'importance. Ce changement se répercuta sur la configuration; on s'en tint généralement au principe des coques jumelles à plusieurs colonnes et entretoises de contreventement tubulaires. La diversité des configurations structurales des semi-submersibles a diminué; leur utilisation à de nombreuses fins spécifiques au large a augmenté, nommément pour le levage de charges lourdes, le battage de piles, la lutte contre l'incendie, le soutien de plongée et la pré-production. Pour réduire le temps de transfert et de déplacement sur les lieux de forage, certaines de ces unités sont automotrices, c'est-à-dire qu'elles transitent sans assistance; d'autres comprennent un système de positionnement dynamique pour un meilleur maintien de la position, une fois sur place.

INTRODUCTION

Par comparaison à ce que nous venons de décrire, le modèle final est le résultat d'un compromis fondé sur l'importance qu'accorde le concepteur aux différents critères opposés. Au cours des quelques dernières années, deux autres facteurs sont apparus: exploitation continue dans des conditions environnementales très difficiles, dans certains cas pendant toute la durée utile de la plate-forme, et application de nouvelles normes nationales touchant les critères de conception. Le présent docu-

ment traite des grandes lignes qui sont à la base de la conception des échantillons, et porte sur la sensibilité des contraintes internes critiques face à divers paramètres environnementaux, par exemple hauteurs, périodes, directions, etc. des vagues, et analyse la façon dont ces normes ou codes gouvernementaux peuvent influer sur cette sensibilité.

MÉTHODE D'ANALYSE

Pour évaluer la sensibilité aux contraintes imposées par les facteurs environnementaux, on applique le système «maison» LOADS (référence 1). Ce système repose (figure 1) sur une technique d'analyse dynamique indirecte dans laquelle les vitesses d'un corps rigide (dont les effets structuraux sont minimes) sont omises. On tient pour acquis que la structure accélère dans les six degrés de liberté de mouvement à partir de la position de soulèvement, alors que le tirant en eau calme a été modifié par sa composante dynamique dans chaque condition de vague et angle de phase. Toutes les forces externes appliquées (vague, courant, vent, poids, poussée, amarrage) sont calculées de nouveau à ce tirant d'eau, et toutes les charges globales déséquilibrées restantes (c'est-à-dire les charges inertielles) sont équilibrées dans la structure en appliquant les accélérations linéaires et angulaires à la masse équivalente idéale de l'unité, en associant tant les effets dûs à l'inertie que ceux dûs à l'amortissement.

Un élément fondamental de ce système consiste à représenter la structure de la façon la plus précise possible non seulement aux fins du calcul des contraintes générales globales mais également, ce qui est probablement le plus important, aux fins du calcul des contraintes aux jonctions de tous les principaux éléments structuraux. La figure 2 présente un modèle global type; la figure 3 est un gros plan du noeud ou joint principal. Les types d'éléments finis dans ce modèle sont les suivants:

1. les éléments de type «barre» «BAR»; éléments à six degrés de liberté supportant les charges de flexion, de torsion, de cisaillement et de poussée axiale, représentant tous les éléments de contreventement ainsi que les poutres-coques primaires avec leur largeur de plaque effective associée.
2. Les éléments de type «tige» «ROD»; éléments à deux degrés de liberté supportant les charges de torsion et de poussée axiale, représentant les poutres secondaires et les groupes de renfort sur les surfaces tôlées.
3. Les éléments de type «QDMEM 1»; éléments à membrane quadrilatéraux isoparamétriques à trois degrés de liberté soumis à des forces biaxiales seulement, des forces directes à variation linéaire dans deux plans perpendiculaires, ainsi que des forces de cisaillement, représentant les surfaces tôlées des coques, des colonnes, de l'enceinte du pont supérieur et des cloisons.
4. Éléments de type «TRIMEM»; éléments à membrane triangulaires à trois degrés de liberté, soumis également à des forces biaxiales uniquement, des charges directes dans deux directions perpendiculaires, ainsi que des forces de cisaillement.
5. Éléments de type «cisaillement» «SHEAR»; éléments quadrilatéraux soumis à des forces de cisaillement biaxiales seulement, utilisés comme éléments de recouvrement, représentant la résistance au cisaillement du blindage interne et de la structure secondaire.

Le modèle présenté comporte 1 010 points nodaux, 405 éléments BAR, 1 490 éléments PLATE et 1420 éléments ROD. Aux fins de comparaison, un modèle basé sur les éléments BAR seulement est présenté à la figure 4.

RÉSISTANCE STATIQUE

On analyse trois conditions principales afin de déterminer la résistance statique globale, chacune étant fonction du tirant d'eau particulier:

1. Transit; au tirant d'eau normal de transit avec charge en pontée variable spécifiée et limitée aux conditions rencontrées en mer, à savoir hauteur des vagues allant de 8 à 12 mètres ou selon les spécifications du manuel d'exploitation, avant que l'unité ne soit submergée au tirant d'eau stabilisé par colonnes.
2. Exploitation; pendant la phase de forage et à un tirant d'eau maximum en semi-submersion, charges variables maximales, et charges de forage ou de levage, etc., pour toutes les conditions rencontrées en mer, jusqu'à une limite théorique optimale. Cette limite est déterminée par la capacité de l'unité de forer et d'utiliser ses grues ou par les mouvements excessifs limitant l'usage de la machinerie ou de l'équipement, ou encore par les restrictions relatives à l'espace libre entre le plancher de forage et la surface de la mer.

Lorsque la plate-forme est exploitée en pré-production, il faut tenir compte des charges en pontée variables pour divers tirants d'eau. On précise généralement que les hauteurs maximales des vagues peuvent être de l'ordre de 14 à 20 mètres.

3. Extrême; tirant intermédiaire pour une charge variable maximale admissible dans des conditions de mer allant de maximum en exploitation à extrême en théorie. Pour usage international sans restrictions, on a proposé des hauteurs de vagues maximales pouvant aller jusqu'à 36 m.

Pour chacune des conditions globales susmentionnées, les facteurs environnementaux limitatifs spécifiés à l'étape de la conception, c'est-à-dire les hauteurs des vagues, le vent, le courant, etc., sont directement liés au tirant d'eau de l'unité. Sur une période de trois ans dans la mer du Nord, une plate-forme de forage semi-submersible a été au tirant d'eau de transit pendant 3,4 % du temps, au tirant opérationnel pendant 86,7 % du temps, et au tirant maximum de tempête pendant 9,9 % du temps. D'autre part, le navire de soutien polyvalent *Uncle John* sera en outre contraint de travailler à proximité d'une plate-forme sans pouvoir modifier soit sa position soit son cap. «L'*Uncle John* s'éloigne en général de son lieu d'exploitation lorsque la hauteur des vagues excède 5 m puis se met en attente en conservant le cap le plus favorable compte tenu de l'état de la mer.» (Référence 2).

La réglementation gouvernementale tend à insister sur les conditions extrêmes de tempête alors que les deux autres conditions, soit le transit et l'exploitation, sont tenues comme une mesure de l'efficacité de l'unité.

Outre les critères de conception globaux, il faut tenir compte de trois autres points en ce qui concerne la structure:

1. Facteurs indépendants de la charge. On peut ajouter à toute structure marine soudée des plaques et des renforts d'une épaisseur et de dimensions minimales. Ces valeurs minimales sont spécifiées dans les règles des sociétés de classification et se fondent sur l'expérience. Il y a des valeurs minimales appropriées dans le cas de la structure principale (pontons, colonnes et coque supérieure) et de la structure secondaire, y compris les ossatures et les cloisons internes, etc. Pour ce qui est des surfaces externes de la structure en dessous de la ligne de flottaison théorique la plus élevée, lesquelles seraient protégées par un système cathodique approuvé, les échantillons minimaux susmentionnés sont augmentés en l'absence de système reconnu de protection contre la corrosion.

Les types d'acier sont choisis en fonction des secteurs particuliers de l'unité en tenant compte de l'importance de la structure, de la température ambiante et de l'épaisseur des plaques. Une distribution typique des différents aciers est présentée à la figure 5. On part du principe que la température nominale ou théorique d'exploitation est la température minimale quotidienne moyenne de l'air ambiant (Figure 6). Là où la température nominale de l'air est inférieure à -30°C, on peut devoir prendre en compte l'utilisation d'aciers spéciaux pour basses

températures aux points critiques de la structure.

2. Facteurs liés aux charges; «autres charges». Les sources incluent ce qui suit:

- Poids intrinsèque de la structure.
- Poids de la machinerie et de l'équipement d'armement y compris les embases, les fondations, etc.
- Charges statiques des approvisionnements (en vrac) liquides et secs, des provisions, de l'équipage et des effets personnels, des marchandises ou autres charges opérationnelles pouvant être transportées en pontée ou dans les réservoirs.
- Charges d'amarrage. L'unité doit être suffisamment solide pour résister à la pré-tension maximale ainsi qu'aux surcharges d'exploitation et de survie imposées dans toutes les amarres, et localement chaque composant des dispositifs de manoeuvre des amarres et des fondations doit pouvoir supporter des charges pouvant correspondre au point de rupture nominal d'une ligne.
- Charges de remorquage. Structure d'appoint locale jusqu'à la charge de rupture maximale du câble ou des bittes de remorquage spécifiques.
- Charges de glace. Les charges statiques de la glace et de la neige sur le pont et sur les côtés de la structure supérieure, les forces exercées sur les colonnes et sur les coques inférieures et résultant de l'écrasement de la couche de glace et de l'impact des glaces flottantes.
- Charges/forces opérationnelles et de l'équipement y compris: moufle mixte de la tour de forage, table de rotation, pose et reprise des tubes, tensionneurs de câble de guidage et de colonne montante, grues de service, grue de transfert du bloc d'obturation, treuil de transfert de cloche de plongée, treuil principal, jauge de tige de forage sur câble, treuil de drague, tensionneurs de pose et de levage, bossoirs latéraux, rampe et élinde fixées à l'arrière (pour la pose), grues lourdes et derricks, dispositif de contrôle incendie, charges de riser de production, passerelle de secours et d'accès aux quartiers d'habitation, flèche ou grue et canalisations de chargement des pétroliers, portique de mise à l'eau et de récupération des submersibles, etc.
- Poussée de l'appareil propulsif principal, forces de la tuyère de direction ou du gouvernail, forces des propulseurs en tunnels, forces des propulseurs orientables et du propulseur marin.
- Hélisurfaces. Charges nominales maximales à l'atterrissage pour un type d'hélicoptère donné appliquées sur la surface d'atterrissage, charges de manoeuvre pour le reste de la surface et charges d'écrasement pour les poutres de soutien principales et les supports.
- Charges des ravitailleurs, forces des navires amarrés lorsque l'amarrage à couple est permis. Généralement, pour le déchargement des navires de service, les dommages résultant des impacts sur les colonnes et sur les éléments de contreventement doivent être évalués, y compris leurs effets sur l'ensemble de la structure.
- Charges en pontée autres que les chargements solidaires du pont, c'est-à-dire locaux de l'équipage, passages, aires de travail, ponts découverts, secteurs d'entreposage général, dont les normes minimales dans tous les secteurs où des chariots élévateurs à fourche ou des grues mobiles peuvent être utilisés.
- Charges inertielles imposées sur toute la structure, la machinerie et l'armement, et charges statiques basées sur l'accélération des mouvements de l'unité par mer forte (obtenues à partir d'essais en bassin ou par une autre méthode de calcul).
- Effets de la vibration résonante sur la structure de support de certaines machines, certains appareils propulsifs et équipements opérationnels.
- Charges dynamiques imputables aux réactions des grues, aux charges roulantes, etc.
- Charges de claquement et cycles des vibrations subséquentes auxquelles sont soumis les éléments de contreventement inférieurs horizontaux.

3. Facteurs liés à la pression. En général, d'importantes surfaces des coques inférieures et des colonnes sont surtout conçues en fonction des exigences locales en matière d'échantillonnage découlant des règles des sociétés de classification (référence 3) en raison de la pression hydrostatique du trop-plein des réservoirs, de la vague maximale ou de la ligne de flottaison après avarie. Les coques inférieures ne requièrent généralement pas d'augmentation de l'échantillonnage comparativement aux valeurs déterminées en fonction de la pression hydrostatique sauf localement, pour certains cas, dans l'axe de raccordement des colonnes.

De même, les colonnes de la plupart des plates-formes semi-submersibles récentes présentent de légères augmentations, de l'ordre de quelques millimètres, par rapport aux épaisseurs nominales établies en fonction de la pression hydrostatique. Cependant, cela dépend de la taille des colonnes comparée à la taille des autres éléments de l'installation; si les colonnes sont volumineuses comme celles des barges de pose *Semac* et *Choctaw*, on n'a pas à augmenter l'échantillonnage de base, tandis que si les colonnes sont petites une plus forte proportion de l'épaisseur requise devra être ajoutée en raison des contraintes globales de l'ossature.

- L'échantillonnage minimum de l'enceinte d'un réservoir dans n'importe quel lieu du navire est déterminé par référence à la pression maximale due à la tête de charge jusqu'au tuyau d'aération du trop-plein. La proportion de cette tête de charge est déterminée de la même façon que l'échantillonnage établi pour les enceintes de réservoirs dans les règles concernant les navires (référence 4).
- L'échantillonnage des enceintes externes des coques et des caissons/colonnes inférieurs ne doit pas être moindre que celui de l'enceinte d'un réservoir, la hauteur de charge minimale n'étant pas inférieure à une pression hydrostatique équivalente, en raison des conditions rencontrées en mer, à la hauteur de crête nominale maximale. L'échantillonnage ne doit en aucun cas être inférieur à celui qui est requis dans le cas d'une cloison étanche, tel qu'il est déterminé ci-dessous.
- L'échantillonnage des cloisons étanches doit être déterminé en utilisant une hauteur de charge minimale au pire niveau du plan d'eau approprié après avarie.
- L'échantillonnage minimum pour toutes les parties de l'unité pouvant être submergées par les vagues est considéré comme étant les hauteurs réelles, le cas échéant, au-dessus de 6,0 m au moins.

Les critères de résistance ont été exposés ci-dessus avec une certaine précision afin de démontrer que la plus grande partie des échantillonnages d'une semi-submersible sont établis à partir des données fondamentales tirées des règles de classification. Il peut s'agir de critères généraux de résistance globale, de critères de conception de nature locale, ou encore de limites de contraintes particulières appliquées par chaque concepteur qui se fonde sur sa propre expérience en plus de faire appel aux normes établies.

Les analyses de fatigue et les méthodes d'analyses spectrales complexes servent à vérifier le premier échantillonnage de base

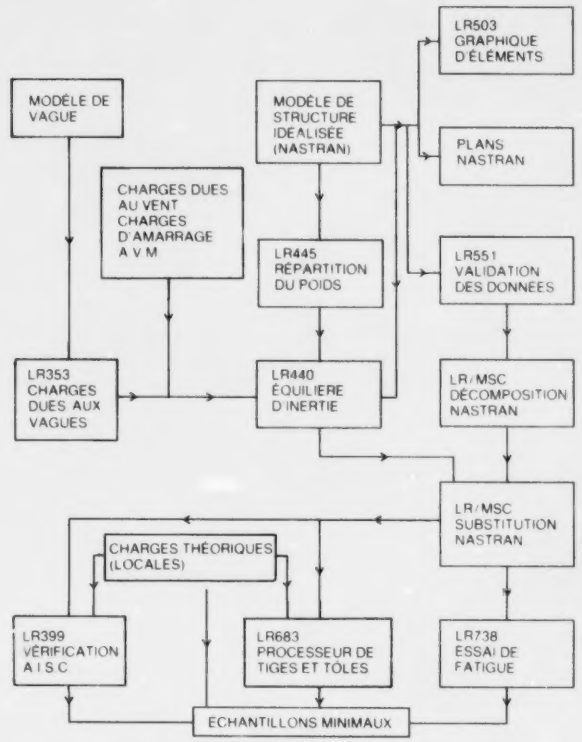


FIGURE 1 Diagramme du système d'analyse de structure «LOADS»

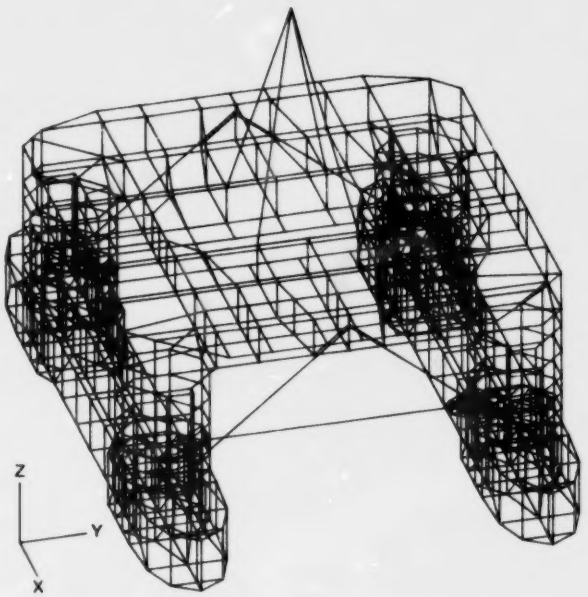


FIGURE 2 Modèle global type

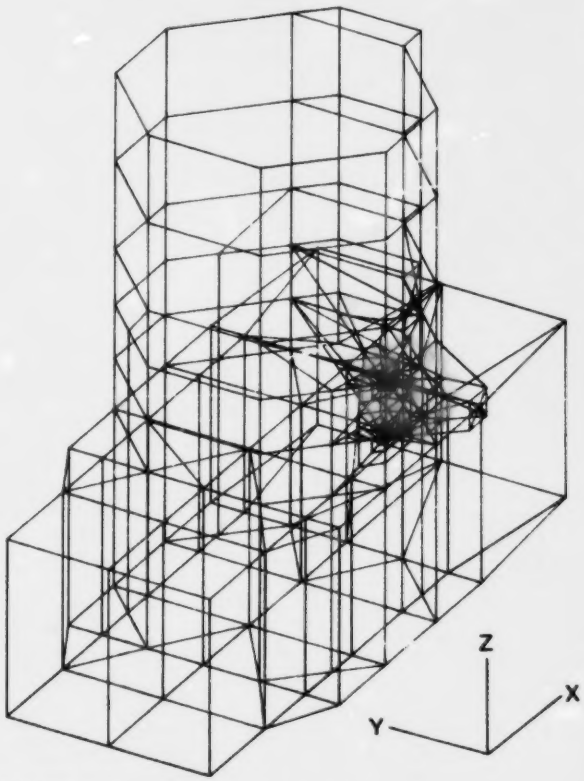


FIGURE 3 Gros plan du noeud principal

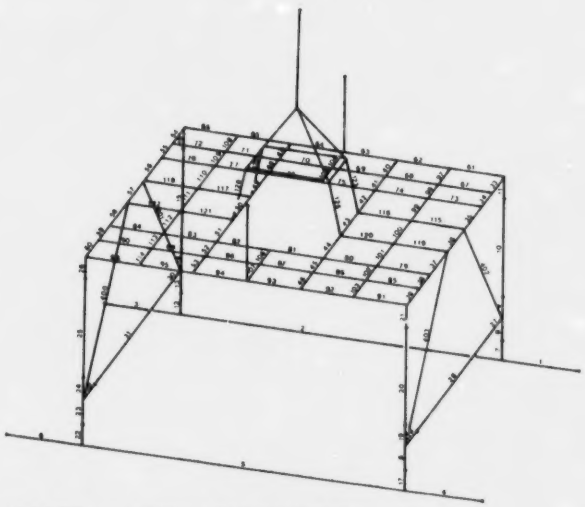


FIGURE 4 Modèle à bâtonnets type

(référence 5). Les règlements nationaux sont également perçus de la même façon étant donné qu'ils donnent peu ou pas d'informations sur les échantillons de base acceptables, partant du principe que l'unité sera classifiée.

AMARRAGE

On accorde de plus en plus d'importance au calcul et à l'analyse des systèmes d'amarrage. Étant donné que les charges du système d'amarrage sont directement liées aux conditions environnementales et aux mouvements de l'installation (qui sont également fonction de l'état de la mer), il importe que les critères environnementaux théoriques de base soient déterminés de façon réaliste. Forcément, les conditions prévues, à l'étape des calculs, sont en fait un ensemble de critères environnementaux associés aux limites opérationnelles combinées à des facteurs de sécurité acceptables. Une sous-évaluation des conditions environnementales ou plus particulièrement de la façon dont elles se combinent, résulte en des mouvements excessifs, des facteurs de sécurité inadéquats et, possiblement, en une défaillance coûteuse, sans compter la perte générale de temps d'exploitation. D'autre part, un trop grand conservatisme résulte en un accroissement du poids et des coûts du fait de l'utilisation d'amarres plus grosses et plus longues, de treuils plus volumineux, etc., et peut-être aussi en une capacité réduite de charges en pontée. Deux conditions théoriques principales sont spécifiées:

1. Facteur de résistance selon le cycle de 50 ans de récurrence de tempête. On prévoit que la plate-forme restera sur place; cependant, l'unité de forage étant désaccouplée du fond marin, de grandes valeurs de déplacement orbital autour de l'axe du puits peuvent être tolérées. Les critères de calcul dans ce cas consistent seulement à réduire la tension maximale dans les lignes d'amarrage en conservant un facteur de sécurité minimum de 2,0 fondé sur la limite de rupture des amarres. La tension maximale des amarres est calculée pour des combinaisons colinéaires concurrentes de vents, de houle et de courants nominaux dans le cap le plus défavorable, en tenant compte des mouvements appropriés de l'unité et de la profondeur d'eau donnée. Les valeurs types dans la mer du Nord sont les suivantes: hauteur des vagues 16 m, période 14 secondes; hauteur maximale des vagues 30 m, période 19 secondes; courant 1,5 mètre/seconde, vitesse du vent 50 mètres/seconde.
2. Facteur d'exploitation maximale fondé sur la combinaison vitesse du vent, hauteur et période de la vague et courant, à une profondeur d'eau et une déviation limitées à la valeur jusqu'à laquelle l'unité de forage peut encore poursuivre ses activités. Outre le pilonnement, la déviation ou le déplacement horizontal total par rapport au puits est un autre facteur limitatif en ce qui concerne la réglementation des activités opérationnelles, afin de prévenir l'endommagement du tube conducteur marin et du bloc d'obturation. Les critères opérationnels peuvent varier en fonction des caractéristiques de l'unité et de son armement; toutefois, les valeurs typiques dans la mer du Nord sont une hauteur de vague significative de 7 m avec une période de 9,5 secondes; une hauteur de vague maximale de 13 m avec une période de 12,0 secondes; un courant de 0,5 m/seconde et un vent de 20 m/seconde à la gamme de profondeur d'eau spécifiée, ainsi qu'un déplacement orbital pouvant équivaloir à 6,0 % de la profondeur d'eau. On peut également prendre en compte certains cas en attente de conditions météorologiques meilleures, avec une déviation plus prononcée et des conditions environnementales combinées plus rudes. Avec les limites de déviation mentionnées ci-dessus, il faut obtenir un facteur de sécurité de 3,0 basé sur la tension maximale des lignes d'amarrage en regard de leur limite de rupture.

En ce qui concerne la mer du Nord, le *Norwegian Maritime Directorate* a introduit des situations «après avarie», par exemple la rupture d'une seule ligne d'amarrage, les facteurs d'exploitation et de résistance étant supérieurs, quoique associés, aux facteurs de sécurité réduits de 2,0 et 1,4 respectivement. Dans le cas des semi-submersibles utilisées comme quartiers d'habitation près des plates-formes fixes, le dernier facteur de sécurité est porté à 2,0 et s'applique spécifiquement aux lignes d'amarrage qui maintiennent la séparation dans la position «dégagement».

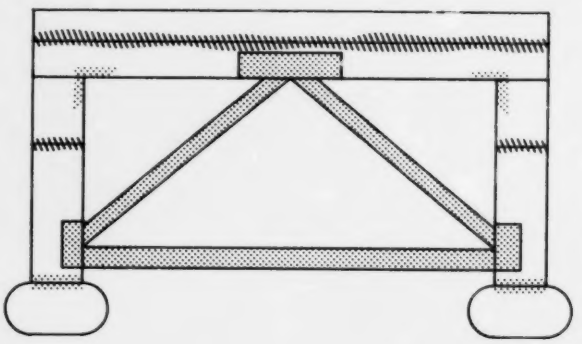
Comme nous l'avons vu, les tensions des lignes d'amarrage et les charges des ancres sont directement liées aux caractéristiques de mouvement de l'unité dans des conditions de mer donnés, les charges statiques les plus élevées s'exerçant lorsque l'unité s'écarte le plus de sa position en tension. La configuration du mouvement englobe trois effets séparables:

1. Un déplacement constant à partir de la position d'origine jusqu'à une position moyenne, en raison du vent, du courant et des forces de déport des vagues moyennes.
2. Une oscillation basse fréquence autour de cette nouvelle position moyenne, résultant d'une force de déport variant lentement, principalement du déport en raison des vagues mais accentué quelque peu par le vent.
3. Débattement ou embardées à la fréquence des vagues. Ces mouvements ondulatoires de premier ordre ont des amplitudes directement proportionnelles à l'amplitude des vagues.

Cette dépendance vis-à-vis des sollicitations de l'environnement et des déplacements forcés fait que les études de sensibilité ne peuvent s'appliquer qu'à une unité particulière. Des essais en soufflerie, la modélisation en bassins à houle et des études sur place en analysant les tensions enregistrées des lignes d'amarrage, nous ont permis d'approfondir nos connaissances des différents paramètres, et nous sommes à mettre au point des systèmes d'analyse d'amarrages entièrement dynamiques. Les derniers processus d'analyse, les conditions limites ainsi que les facteurs de sécurité reflètent l'expérience opérationnelle. Toutefois, bien qu'il existe un certain degré de normalisation dans l'approche adoptée pour la sélection de l'ensemble des limites de conception et les méthodes d'analyse des lignes d'amarrage, certaines anomalies persistent. Par exemple, le document API RP 2P (référence 6) publié récemment, recommande d'utiliser la vitesse moyenne du vent sur 1 minute comme base de calcul de la force du vent, alors que les règles du *Norwegian Maritime Directorate* (référence 7) préconisent l'emploi de la vitesse moyenne sur 1 heure. La figure 7 fournit un exemple des différences apparentes dans la force d'ancrage et la tension des lignes d'amarrage dans un environnement identique mais en utilisant comme base de calcul différentes périodes afin d'établir la moyenne des vents. Sur cette plate-forme en particulier, étant donné que la vitesse du vent prise sur 1 minute est de quelque 17 % supérieure, cela augmente la force du vent de 37 % et ajoute 30 % à la tension constante des lignes d'amarrage.

Il faut noter ici que le résultat visé dans un système d'ancrage ne dépend pas uniquement du fonctionnement à l'intérieur des limites de conception mais encore du maintien de l'intégrité et de la fiabilité de tous les composants.

Une mise en garde cependant: l'introduction de nouveaux critères apparemment plus onéreux, par exemple la défaillance d'une ligne d'amarrage, donne un système d'ancrage plus rigide. Une telle configuration augmente la charge produite par des effets actuellement perçus comme étant «de second ordre», telles les oscillations résultant d'un déport lent. Le problème de la fatigue possible à long terme reste encore à étudier.



Primaire

Secondaire

Spécial

FIGURE 5 Catégories d'aciers types

CATÉGORIE STRUCTURALE	QUALITÉ D'ACIER REQUISE	ÉPAISSEUR MAXIMALE (mm) POUR DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES THÉORIQUES 0 °C	−10 °C	−20 °C	−30 °C
SECONDAIRE	A	30	20	10	X
	B	40	30	20	10
	D	50	40	30	20
	E	50	50	50	50
	AH	40	30	20	10
	DH	50	50	45	35
	EH	50	50	50	50
PRIMAIRE	A	20	10	X	X
	B	25	20	10	X
	D	35	25	20	10
	E	50	50	50	40
	AH	25	20	10	X
	DH	45	40	30	20
	EH	50	50	50	40
SPÉCIAL	A	X	X	X	X
	B	15	X	X	X
	D	20	10	X	X
	E	50	45	35	25
	AH	15	X	X	X
	DH	30	20	10	X
	EH	50	45	35	25

FIGURE 6 Qualités d'acier pour basse température

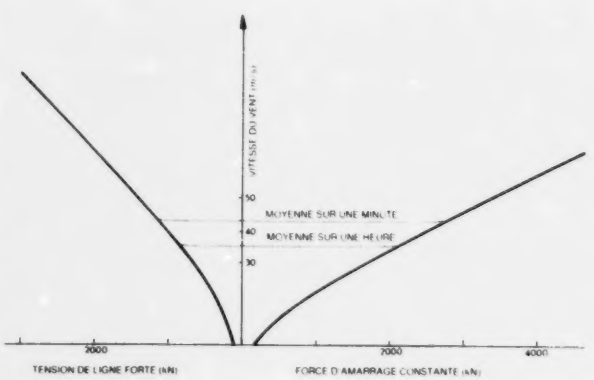


FIGURE 7 Effet de la vitesse moyenne du vent

SEMI-SUBMERSIBLE

CRITÈRES DE CONCEPTION À L'ÉCHELLE MONDIALE

RÉSISTANCE STATIQUE

TIRANT D'EAU	HAUTEUR DE VAGUE (m)	CONTRAINTE ADMISSIBLE
TRANSIT	8 – 12	0.6 Fy
SURVIE	30 – 36	0.8 Fy
EXPLOITATION	14 – 20	0.6 Fy

FATIGUE MINIMUM 20 ANS

TIRANT D'EAU	HAUTEUR DE VAGUE (m)
EXPLOITATION	2 – 12

VENT JUSQU'À 110 NOEUDS

COURANT JUSQU'À 2,5 NOEUDS

FIGURE 8 Critères de conception

ÉTUDE DE SENSIBILITÉ – RÉSISTANCE STATIQUE

Tous les résultats présentés dans la présente partie ont été obtenus à la suite des analyses des plates-formes actuelles répondant aux critères de conception exposés à la figure 8 et classées par la Société. Même s'il y a des différences en fonction des modèles, les tendances indiquées sont représentatives et ont été confirmées par de nombreuses analyses portant sur plusieurs plates-formes semi-submersibles récentes.

Vent

L'incidence du vent sur la structure n'est pas significative. Dans le cas d'une unité typique, les forces du vent sont de l'ordre de 250 à 500 tonnes pour une vitesse de 50 m/seconde, les forces appliquées directement sur l'avant et par le travers étant approximativement égales.

Hauteur et direction des vagues

La figure 9 montre la variation de la contrainte nominale en fonction de la hauteur et de la direction des vagues dans le cas d'un élément de contreventement transversal inférieur. Dans chaque cas, un rapport hauteur de vague/longueur d'onde constant est maintenu même si la tendance est similaire pour d'autres rapports, et le tirant d'eau demeure constant à sa valeur opérationnelle de 18 m. L'augmentation de la contrainte appliquée à l'élément en raison de l'angle d'approche des vagues est clairement démontrée. La contrainte nominale due à une vague de 20 m frappant directement par l'avant est, grosso modo, identique à celle d'une vague de 3 m frappant par le travers; inversement, il y a une augmentation de la contrainte de 46 % dans le cas d'une vague de 20 m passant d'une approche directe à une approche par le travers. Un élément de contreventement diagonal inférieur présente des caractéristiques différentes (figure 10). Dans ce cas, la contrainte nominale maximale se produit lorsque l'angle d'approche est de 45° environ et les contraintes résultant d'une vague de 20 m venant de cette direction sont de 65 % plus élevées que celles produites par une vague frappant par le travers et par l'avant, contraintes qui sont pratiquement identiques.

Hauteur et période de vagues et tirant d'eau

Dans cette étude, nous utilisons un élément de contreventement transversal d'une des plates-formes semi-submersibles les plus récentes. Seul l'angle d'approche critique par le travers est considéré.

La hauteur de vague théorique maximale pour un tirant de transit est de 10 m, de 15 m pour un tirant en exploitation et de 36 m pour un tirant de survie. Avec ces réductions imposées, les contraintes nominales calculées de l'élément à chacun de ces tirants d'eau sont représentées à la figure 11. Un rapport hauteur de vague/longuer d'onde de 1/10 a été utilisé pour des hauteurs allant jusqu'à 24 m approximativement, rapport pouvant varier à 1/14 pour la hauteur de vague maximale de 36 m. Les contraintes maximales produites au tirant de transit et au tirant en exploitation sont à peu près les mêmes et moindres que celles qui résultent d'une vague de 20 m au tirant d'eau de survie. De fait, en normalisant ces contraintes axiales par rapport à la hauteur de la vague, on obtient des courbes identiques pour les conditions de survie et d'exploitation puisque dans les deux cas l'élément de contreventement est submergé. Au tirant de transit, on obtient des niveaux plus élevés de contraintes axiales/hauteurs de vague. L'élément est alors exposé et le moment de levier associé est plus important (figure 12).

Certaines autorités tolèrent des contraintes accrues allant jusqu'à 0,8 x la contrainte d'écoulement pour toutes les conditions comportant les sollicitations de l'environnement qui sont indépendantes du tirant d'eau. En partant de ce principe, il est évident que les contraintes au tirant d'eau de survie constitueront les critères de conception critiques pour déterminer la résistance de l'échantillonnage. D'autre part, notre règle de conduite a toujours été de restreindre les contraintes au tirant de transit et au tirant d'exploitation à 0,6 x la contrainte d'écoulement normale, et de n'appliquer le facteur accru de 1 1/3 qu'au tirant de survie, ce qui est compatible avec le fait qu'une installation normale devrait passer moins de 10 % de sa durée utile dans des conditions extrêmes de tempête au tirant d'eau de survie, l'installation demeurant au tirant d'exploitation le plus longtemps possible. En incorporant le facteur augmenté admissible uniquement dans les cas de tempêtes extrêmes au tirant d'eau de survie, les changements dans les critères de conception et l'échantillonnage de la résistance seront déterminés par les cas d'exploitation limités à 0,6 x la contrainte d'écoulement. La ligne pointillée dans la figure 11 représente la condition de survie réduite par le facteur 0,6/0,8 aux fins de comparaison.

Il faut mentionner que les conditions de transit et, à un degré moindre, les conditions de survie sont basées sur des valeurs prudentes car on s'attend à ce que la plateforme se tienne debout à la lame aux conditions de vagues limites pour chaque tirant d'eau.

ÉTUDES DE SENSIBILITÉ À LA FATIGUE

La résistance à la fatigue des structures en acier soudé dépend uniquement de la plage des contraintes appliquées et du nombre d'applications correspondant. En tout point de la structure, la plage de contraintes dépend du tirant d'eau, de la hauteur de la vague, de la période de la vague, de l'orientation et du facteur de concentration des contraintes. Avec une courbe d'excès de vague pour la zone d'exploitation, on peut déterminer une courbe d'excès de contraintes. On évalue ensuite la résistance à la fatigue à partir de la loi de l'endommagement cumulatif de Palmgren Miner à l'aide d'une courbe S-N correspondant aux caractéristiques de soudage. Il est évident que les conditions climatiques jouent un rôle important dans cette évaluation.

Période et direction des vagues

Pour un élément de comtreventement transversal semblable à celui qui a été utilisé précédemment, on a évalué les plages de contraintes pour 5 hauteurs de vague, soit 2 m, 4 m, 6 m, 8 m et 12 m avec les périodes moyennes représentées à la figure 13, et on a établi une courbe d'excès de plage de contraintes (figure 14). Une fois de plus, les vagues par l'avant produisaient peu d'effets. À l'aide des courbes S-N du ministère de l'Énergie du Royaume-Uni, on a évalué l'endommagement par fatigue et la résistance à la fatigue (figure 15). On a ensuite répété le processus entier en assignant cette fois une plage de périodes à chaque hauteur de vague. Du point de vue de la fatigue, les résultats étaient similaires, la période moyenne donnant des valeurs prudentes pour la durée utile. Il faut aussi remarquer la forme convexe de la courbe d'excès de la plage de contraintes.

Dans l'analyse spectrale classique, les excès de vague sont calculés à partir d'une fonction de distribution de Rayleigh. On obtient alors une variation linéaire des hauteurs de vague et des excès sur du papier semi-logarithmique. En supposant en plus qu'il existe une relation linéaire entre la hauteur des vagues et les contraintes, on obtient aussi une courbe linéaire pour l'excès de la plage de contraintes, contrairement au résultat obtenu précédemment. On utilise la méthode en raison de sa simplicité de calcul mais elle donne lieu à des imprécisions lorsque la relation entre la contrainte et la longueur d'onde n'est pas linéaire, comme dans le cas des semi-submersibles. On utilise donc la méthode qui suit (référence 8) pour évaluer les excès de la plage de contraintes (figure 16). Les conditions de mer sont définies par le diagramme de dispersion des hauteurs de vague significatives

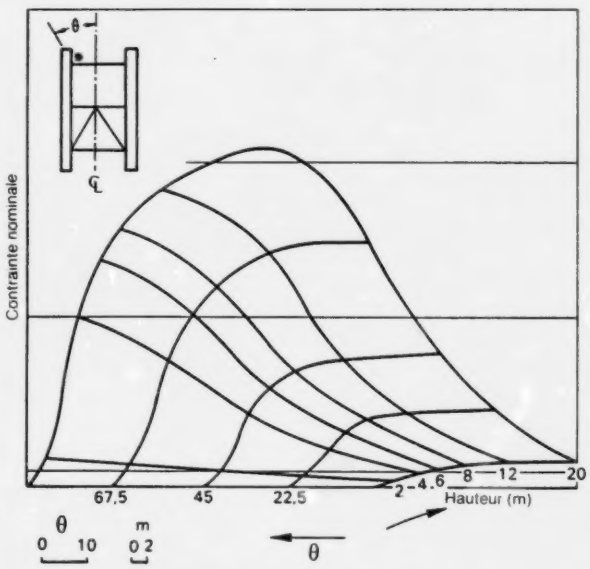


FIGURE 9 Variation de la contrainte nominale

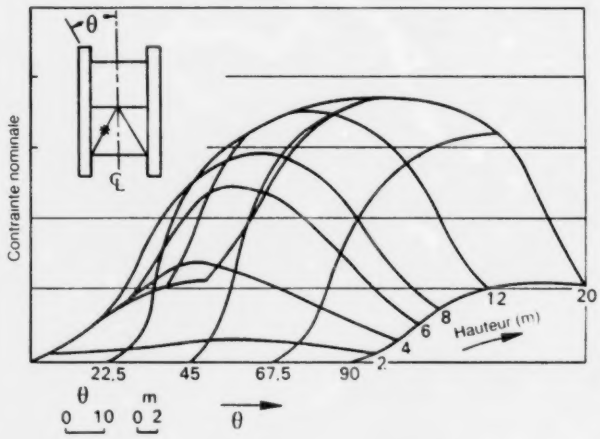


FIGURE 10 Variation de la contrainte nominale

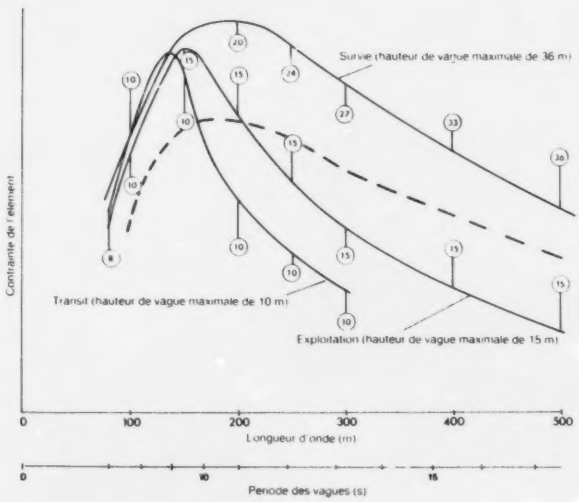


FIGURE 11 Contraintes maximales de l'élément de contreventement

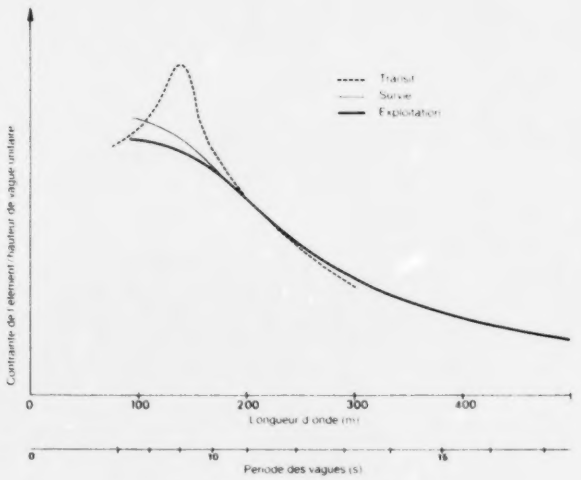


FIGURE 12 Contraintes normalisées de l'élément de contreventement

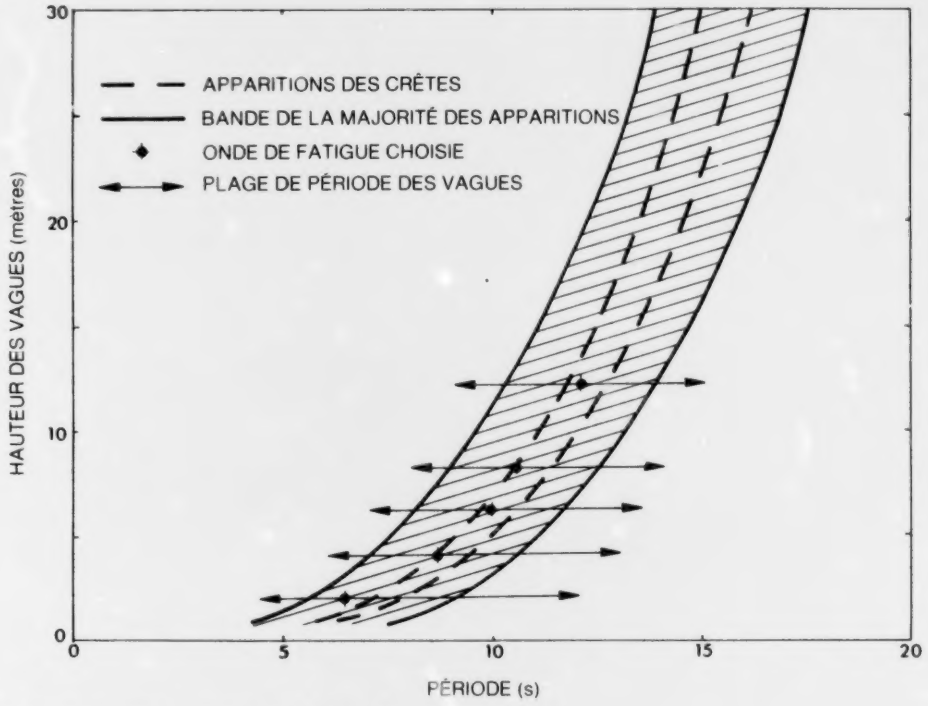


FIGURE 13 Distribution de la hauteur des vagues en fonction de la période

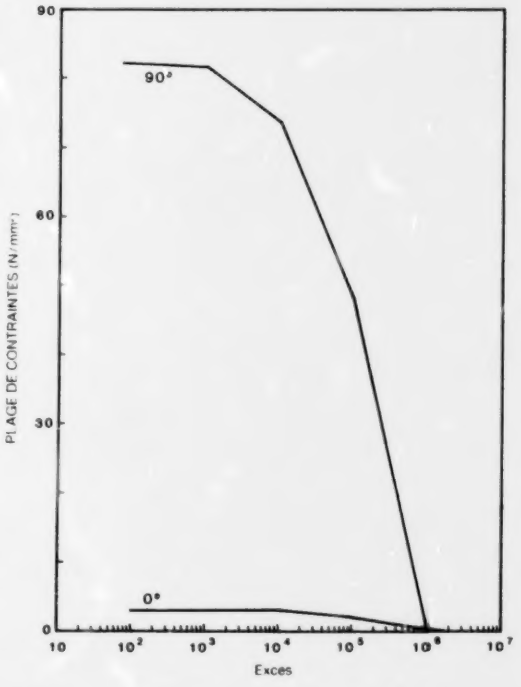


FIGURE 14 Excès de plage de contraintes type

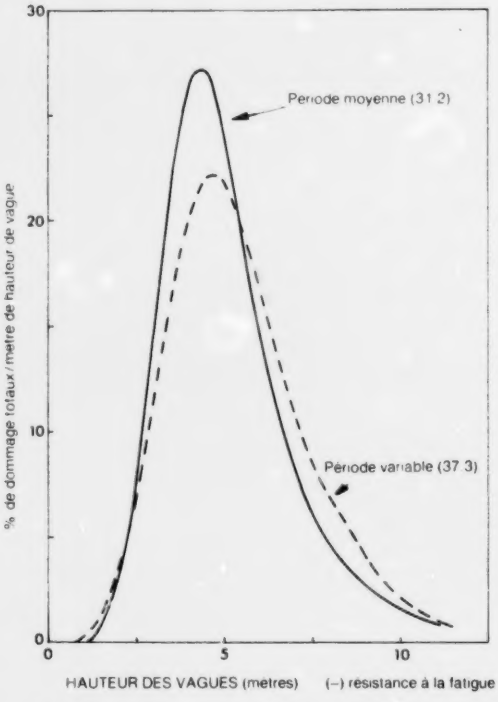


FIGURE 15 Dommages de fatigue

et des périodes de passage par zéro. Pour calculer les spectres de plage de contraintes, on se sert d'un ensemble de fonctions de transfert de plage de contraintes que représente la plage de contraintes par unité de hauteur de vague en fonction de la période donnée par la cambrure des vagues. On évalue le nombre de cycles de contraintes correspondant à une hauteur des vagues donnée en additionnant les cycles d'une fonction de distribution de Rayleigh des hauteurs de vagues seulement. On classe les niveaux de contraintes et leur nombre afin d'obtenir le nombre de plages de contraintes que l'on additionne pour obtenir la courbe d'excès, qui confirme la forme convexe obtenue par la méthode non aléatoire. Cet aspect est important car la forme de la courbe par rapport à la courbe S-N admise permet de déterminer les conditions de mer qui occasionnent le plus de dommages. La figure 17 montre un «diagramme de dispersion» d'endommagement annuel caractéristique; elle indique que les conditions de mer qui occasionnent le plus de dommages à une semi-submersible correspondent aux périodes de passage par zéro de 6 à 10 secondes et aux hauteurs de vagues significatives de 3 à 6 mètres. Les données proviennent d'un diagramme de dispersion pour la mer du Nord. On y tient compte du fait que le nombre «d'occurences» de ces conditions de mer dans le diagramme de dispersion des vagues a déjà été pris en considération dans le tableau récapitulatif des dommages. On considère aussi qu'il est réaliste de fixer à une hauteur de vague d'environ 2 mètres la limite de niveau inférieur du diagramme de dispersion des vagues, étant donné que les dimensions caractéristiques de la structure sont supérieures au trajet orbital des particules des vagues pour les faibles hauteurs de vagues. Il en résulte des inexactitudes dans l'estimation de la charge, et les niveaux de contrainte sont très faibles.

COURBES S-N

Pour une même courbe d'excès de plage de contraintes correspondant à une zone critique de la semi-submersible, la résistance à la fatigue calculée et la distribution des dommages peuvent varier selon les courbes S-N publiées, par exemple celles du ministère de l'Énergie du Royaume-Uni/B.S. 5400, de l'Institut du soudage (référence 9), ou de l'*American Welding Society* (référence 10), pour les mêmes caractéristiques de soudage.

La figure 18 montre la distribution relative des dommages pour des facteurs de concentration des contraintes de 1,0, 1,4 et 1,8 ainsi que la résistance à la fatigue calculée. D'après la courbe «F» de l'A.W.S., aucun dommage ne résulte des trois facteurs de concentration pour toutes les hauteurs de vague inférieures à 5 m, et le dommage total ne correspond qu'à une faible fraction de la courbe «W» du ministère de l'Énergie pour laquelle aussi 40 % des dommages et plus sont produits aux hauteurs de vague inférieures à 5 m.

Conception détaillée

L'expérience a montré que les fissures de fatigue se propagent à partir de zones pour lesquelles les facteurs de concentration sont élevés, soit aux noeuds doit le long des éléments de contreventement. Bien qu'il soit préférable d'éviter tous les raccordements inutiles, certains sont essentiels, par exemple les soudages en bout, les raccords anodiques, etc. Les entretoises de contreventement inférieures d'une semi-submersibles sont soumises à une configuration de plage de contraintes complexe due à l'ensemble de la déformation, de la torsion et du fendage des pontons et des colonnes causés par le passage de chaque vague. La figure 19 montre la plage de contraintes maximale pour les charges axiales et transversales le long d'une entretoise «dégagée» pour trois angles différents d'approche des vagues. On peut voit que la mer venant de la hanche produit la plage de contraintes maximale sur 30 % de sa longueur près de chaque colonne, les 40 % du centre étant critiques pour les mers de travers. À l'aide des facteurs de concentration des contraintes obtenus à partir d'essais de modèles en acrylique concernant des détails types (figure 20), on a effectué plusieurs études paramétriques (référence 11) pour différentes courbes d'excès de la mer du Nord, et les résultats concernant l'acceptation des détails ou caractéristiques le long d'une entretoise, y compris l'effet de la contrainte théorique maximale de l'entretoise, sont présentés à la figure 21. Ainsi, par exemple, pour une limite de contrainte nominale de 0,7 Fy dans l'entretoise, seule une soudure en bout meulée est acceptable sur la longueur entière; un bout de pièce de renfort mélangé lisse serait acceptable seulement sur 80 % du milieu de l'entretoise, toutes les autres caractéristiques étant inacceptables. À l'autre extrême, toutes les caractéristiques seraient acceptables si on utilisait une limite de contrainte nominale de l'entretoise de 0,4 Fy.

HISTORIQUE D'EXPLOITATION

On peut voir que pendant la phase de conception, plusieurs hypothèses doivent être faites au sujet des conditions environnementales auxquelles une plate-forme risque d'être exposée pendant sa durée de service. Cette situation est rendue encore plus complexe par le nombre de régions différentes dans lesquelles une plate-forme est susceptible d'être utilisée. L'une de nos plates-formes classées a déjà traversé l'Atlantique plus de 8 fois et plus récemment, la plate-forme *Benreoch*, construite en Corée, a été remorquée vers la Nouvelle-Zélande pour une courte saison de forage; elle sera ensuite remorquée à sec vers les eaux européennes pour effectuer d'autres travaux.

Pour quantifier les conditions d'exploitation réelles, on examine de façon continue les journaux de bord de plusieurs semi-submersibles (renvoi 1). Par exemple, la figure 22 montre les valeurs consignées aux six heures pendant les six premières années d'exploitation de la *Pentagone 84*. L'étalonnage initial de la hauteur des vagues donnait une meilleure correspondance pour H(significative) = 0,7 H(visuel) et on a toujours utilisé ce facteur par la suite. La figure 23 montre une rosette de pourcentage cumulatif annuel type. Les bandes de hauteurs de vagues significatives ont été augmentées par intervalles de 2 m à partir de zéro. Étant donné qu'on a aussi consigné les caps de la plate-forme, la rosette de droite montre les conditions de mer en pourcentage par rapport à l'axe de la plate-forme. Dans l'exemple donné, la *Pentagone 84* était en service dans la Manche et dans la plupart des cas, la mer venait de l'ouest. Étant donné que la plate-forme était aussi orientée vers l'ouest pendant cette période, la mer était la plupart du temps de l'avant. À partir de ces rosettes, on a tracé, pour toute la durée utile, des courbes d'excès relatives à la plate-forme, les données sur les vagues étant regroupées selon la hauteur, la période et la direction.

Pour chaque catégorie de hauteur et de direction des vagues, on a converti l'heure d'apparition exprimée sous forme de pourcentage en nombres de vagues et les rapports de nombres de vagues pour chaque hauteur sont représentés pour deux directions relatives à la plate-forme à la figure 24.

Les rapports sous forme de pourcentage pour les mers de l'avant sont compris entre 17 % dans le cas des vagues d'une hauteur inférieure à 2 m et 40 % dans le cas des vagues d'une hauteur supérieure à 12 m. Ces pourcentages et les effets subséquents produits sur la structure seraient très différents pour un autre ensemble de caps d'exploitation, car on se souvient que les vagues de travers peuvent causer, sur certaines entretoises critiques, des dommages par fatigue 30 fois plus importants que des vagues de l'avant de même hauteur.

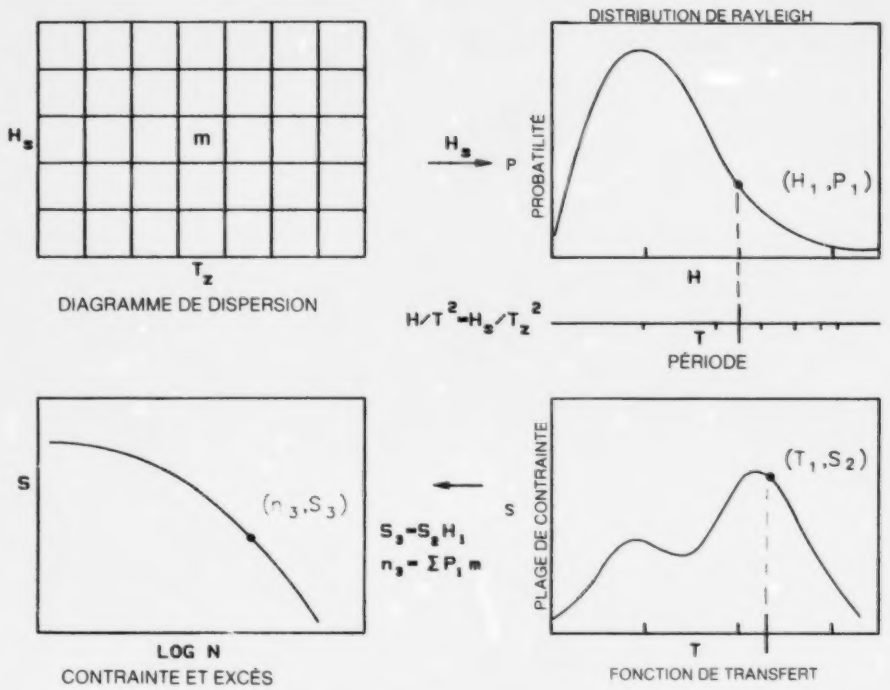


FIGURE 16 Analyse spectrale modifiée

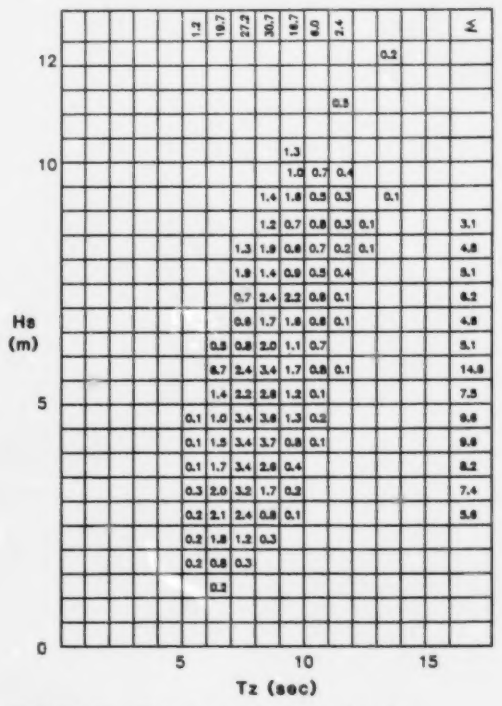


FIGURE 17 Diagramme de dispersion des dommages annuels

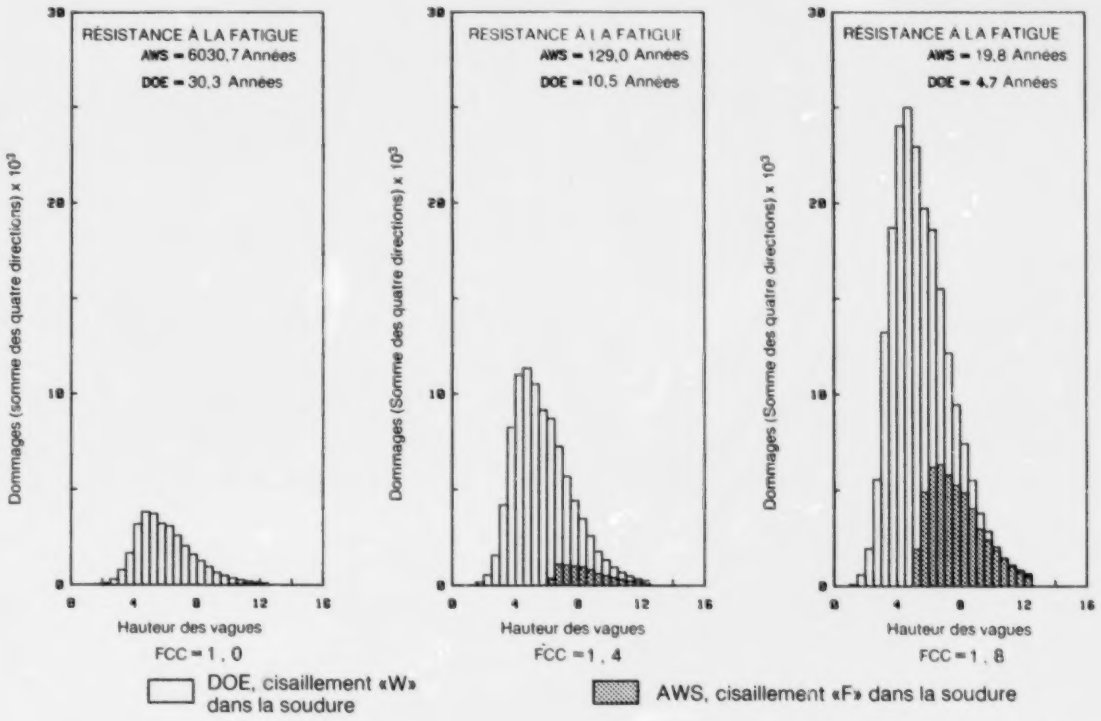


FIGURE 18 Distributions des dommages de fatigue

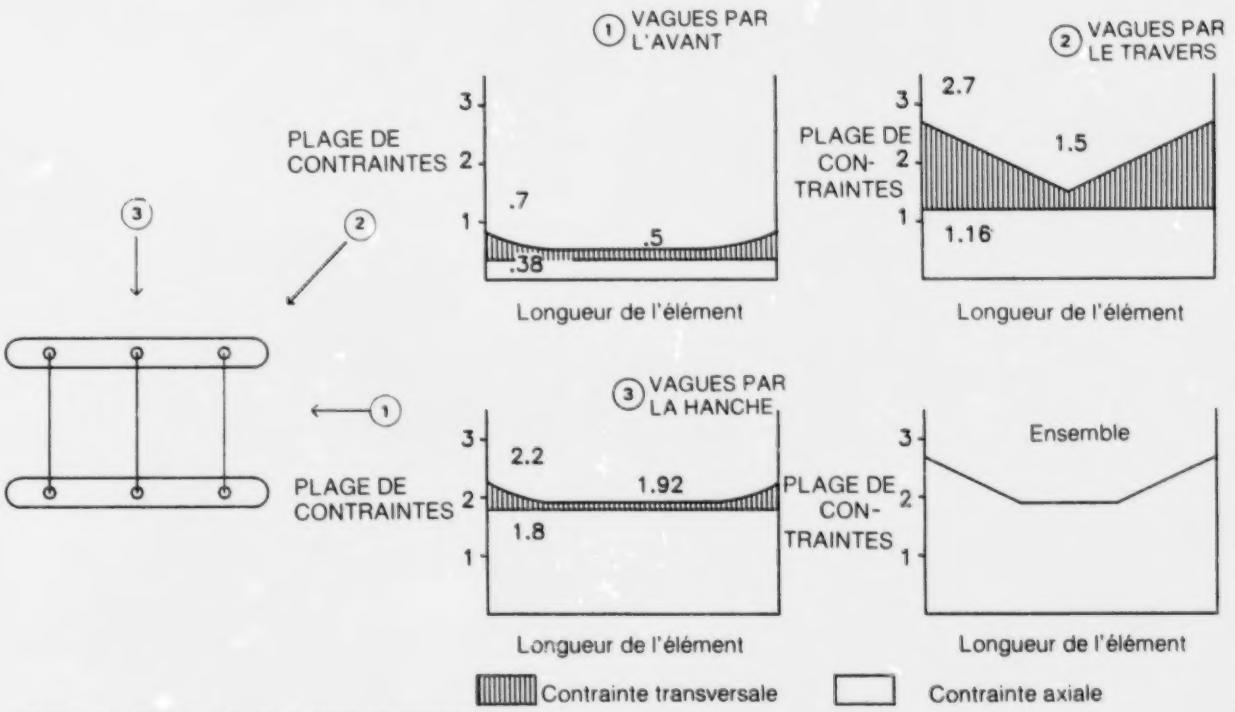


FIGURE 19 Distribution de la plage de contraintes

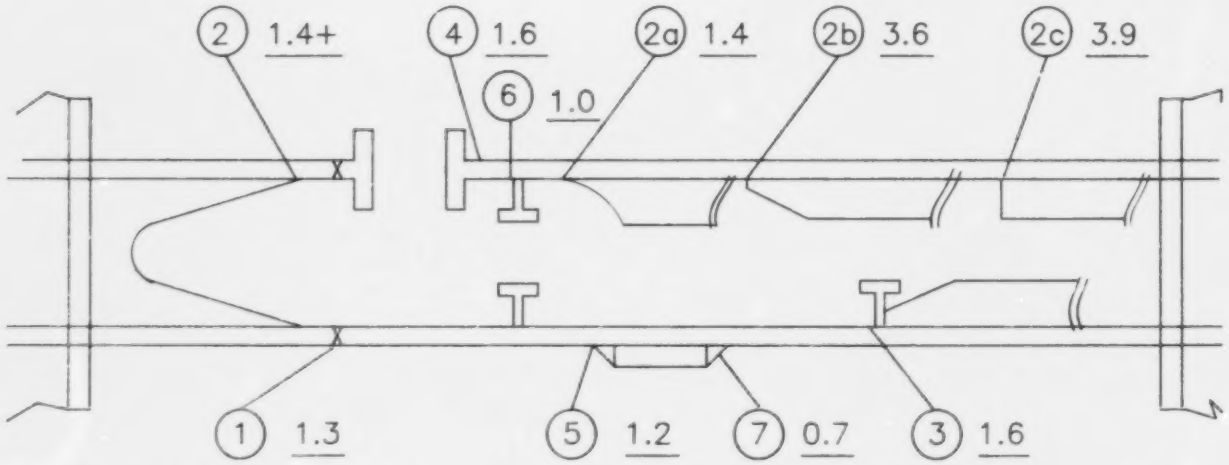


FIGURE 20 Facteurs de concentration des contraintes

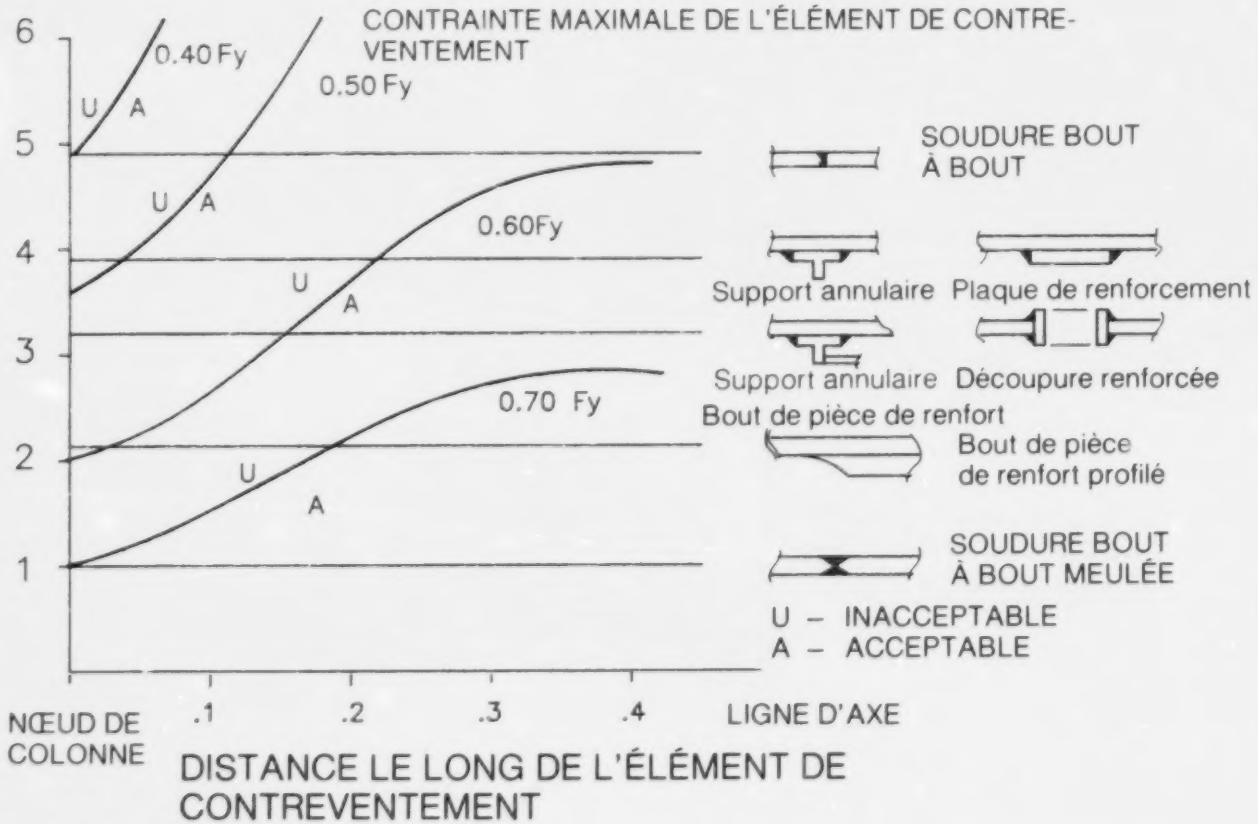


FIGURE 21 Acceptation des caractéristiques de soudage

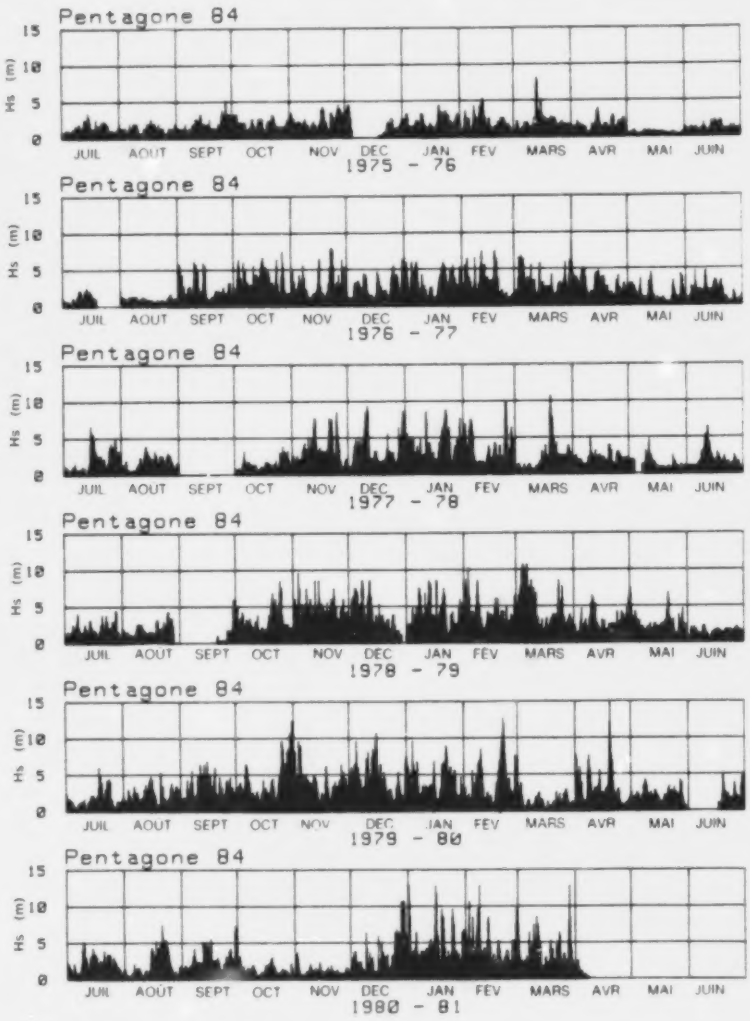


FIGURE 22 Historique des conditions de mer

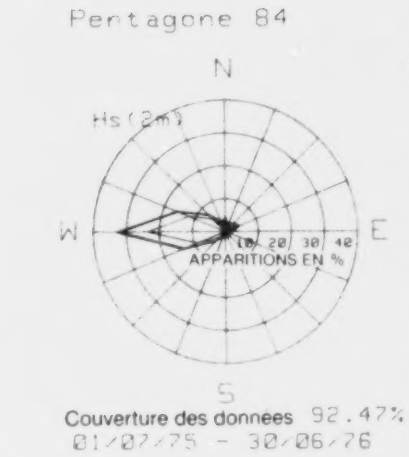


FIGURE 23 Rosettes annuelles

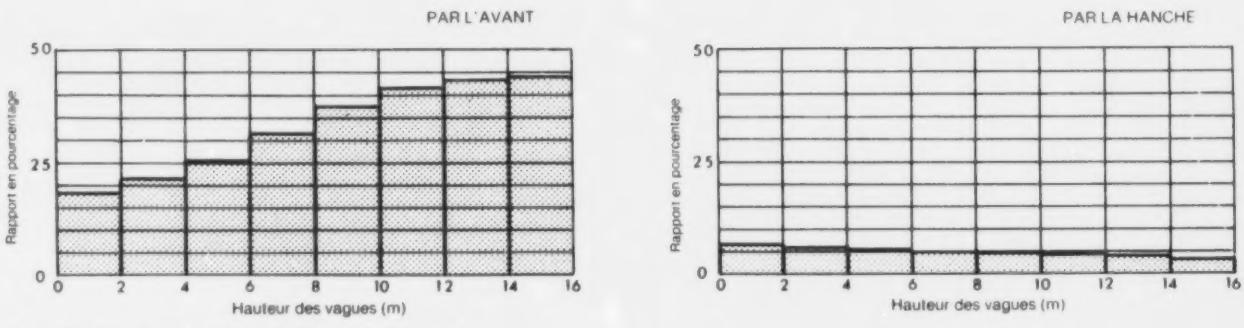


FIGURE 24 Distribution de la direction des vagues

CONCLUSIONS

1. L'objectif fondamental de la conception d'une semi-submersible est de mettre à la disposition de l'industrie offshore une grande plate-forme stable, bien que mobile, à partir de laquelle des opérations de forage et autres peuvent être effectuées sans danger et de façon efficace et économique. C'est pourquoi le modèle définitif doit être un compromis entre les différents critères opposés, parmi lesquels se retrouvent les conditions climatiques.

2. Même dans des conditions environnementales similaires, les effets exercés sur la structure peuvent varier selon les méthodes d'exploitation.

3. La sensibilité calculée aux contraintes de parties critiques de la structure en fonction d'aspects particuliers de l'environnement peut aussi varier selon les exigences nationales et les codes de pratiques.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie le Comité qui lui a permis de présenter son exposé et ses collègues qui l'ont aidé à le préparer.

Les opinions exprimées sont celles de l'auteur et pas nécessairement celles du *Lloyd's Register of Shipping*.

Bibliographie

(1) Design and Operation of Semi-submersibles. C.A. Bainbridge. R.I.N.A. Symposium on Offshore Engineering, 5 novembre 1981.

(2) *Uncle John* a semi-submersible multipurpose support vessel. J.M. Houlder CBE, Institute of Marine Engineers, Vol. 94, 1981, document 18.

(3) Rules and Regulations for the Classification of Mobile Offshore Units, Lloyd's Register of Shipping, 1984.

(4) Rules and Regulations for the Classification of Ships, Lloyd's Register of Shipping, 1984.

(5) Designing the *Trosvik Bingo 3000*, K. Haslam, *The Naval Architect*, mars 1981.

(6) The analysis of spread mooring systems for floating drilling units, American Petroleum Institute, API RP 2P, première édition, 1er janvier 1984.

(7) Regulations for Mobile Drilling Platforms 1983, Norwegian Maritime Directorate.

(8) A parametric investigation of fatigue of semi-submersibles, OSG/TR/84004, juillet 1984, R. Nataraja, rapport interne (publication prochaine).

(9) Offshore Installations. Guidance on the Design and Construction, Her Majesty's Stationery Office.

(10) Structural Welding Code – Steel, American Welding Society ANS/AWS/D1. 1-83.

(11) Design Considerations of Permanently Moored Semi-submersibles, C.A. Bainbridge, 5e Conférence de l'Asie du sud-est, février 1984.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT B2

B.P. M. Sharples
Président
Noble, Denton & Associates

Je remercie la Commission royale ainsi que l'auteur de me fournir l'occasion de commenter ce document et d'élaborer sur le thème des facteurs environnementaux dont on doit tenir compte à l'étape de la conception.

L'auteur doit être félicité d'avoir effectué l'une des analyses les plus complètes et intéressantes portant sur les plates-formes semi-submersibles et d'avoir identifié au moins quelques-unes des données incompatibles que les concepteurs de ces structures complexes doivent prendre en compte.

Au cours des dix dernières années, de nombreux progrès ont marqué les techniques d'analyse des semi-submersibles; cependant, il reste beaucoup à faire. Nous avons vu dans ce document comment des programmes machines peuvent reproduire les mouvements d'une semi-submersible et de quelle façon on peut en appliquer les résultats au calcul des contraintes entraînées au niveau des joints. La plupart des programmes disponibles sont fondés sur les mêmes équations hydrodynamiques mais l'apport de coefficients d'amortissement peut modifier les résultats, ce qui peut mener à des solutions différentes. La majorité des programmes ont été vérifiés en regard de quelques essais de modèles, au moins, mais même ces derniers diffèrent selon le type de bassins à houle dans lesquels ils ont été menés. Une récente analyse de semi-submersibles où l'on a appliqué la théorie de la diffraction par opposition à la technique Morrison, a révélé des écarts dans les contraintes pouvant atteindre 20 %. L'inclinaison induite par la houle et constatée pendant les essais de modèles est un autre domaine qui provoque une certaine controverse mais, jusqu'à présent, rien ne prouve hors de tout doute qu'elle constitue un problème dans le cas de plates-formes opérationnelles (1). Tel est l'état actuel de la technique, et les organismes de recherche et développement révisent continuellement les moyens d'analyse mis à notre disposition.

En 1972, j'étais à bord d'une des premières semi-submersibles de la mer du Nord à subir des dommages par fatigue. Dans ce cas, le point de départ de la fissure par fatigue se trouvait au niveau d'un trou d'accès dans un élément de contreventement. Les mesures prises par l'industrie relativement à ce problème furent excellentes et, comme résultat de cet incident et de quelques autres problèmes de même nature, nous disposons aujourd'hui de moyens élaborés, comme l'a indiqué M. Bainbridge, nous permettant d'évaluer les effets de la fatigue. Il y a dix ou douze ans, cela ne se faisait pas dans un environnement offshore même s'il existait déjà une certaine technologie dans l'industrie aéronautique. Une fois que ce type d'analyse très compliquée est fait et que le contrôle des calculs est terminé, il importe de savoir qu'il existe encore des problèmes concernant l'exploitation de ces unités en tenant compte de l'environnement. Permettez-moi d'abord de dire que le meilleur moyen qu'ont les propriétaires, les assureurs et les organismes gouvernementaux de s'assurer d'une conception de qualité selon les règles de l'art, est de faire vérifier les calculs par une société de classification et de faire construire l'unité selon les normes de cette société.

Certaines hypothèses sous-tendent toute analyse, et l'on doit s'assurer qu'elles restent valables sur les lieux d'exploitation. Supposons une semi-submersible devant être exploitée dans la mer du Nord. Comme M. Bainbridge le fait remarquer, on pourrait prévoir des vagues maximales de 98 pieds ayant, disons, une période de 19 secondes. À un endroit donné au large des côtes du Canada, il peut sembler plus approprié de prévoir des vagues de 105 pieds avec une période de 14 secondes. Étant donné que nous savons que la hauteur des vagues et la période peuvent modifier les contraintes, nous devons prendre en compte l'incidence, sur l'unité, de ces facteurs environnementaux modifiés.

M. Bainbridge nous renvoie au diagramme de la répartition des fréquences des hauteurs de vague utilisé pour calculer la durée utile en fatigue d'une semi-submersible. La répartition des hauteurs de vague varie selon les différentes parties du globe. Comme l'indique la figure 1 (2), une semi-submersible vérifiée selon cette méthode et devant être exploitée dans le golfe du Mexique n'aurait pas nécessairement une durée utile appropriée en fatigue si elle était destinée aux forages dans la mer du Nord ou au large de la côte est du Canada.

Je veux surtout faire remarquer que lorsqu'une installation de forage, conçue en fonction de certaines hypothèses relatives au milieu, change de secteur d'exploitation, on doit vérifier ces hypothèses en regard des conditions pour lesquelles les calculs ont été faits.

Prenons-en comme exemple la première semi-submersible remorquée jusqu'à la baie d'Hudson. Elf Aquitaine avait affrété la plate-forme semi-submersible *Pentagone 84*, appartenant à la société Forex Neptune Drilling et exploitée par cette dernière, en vue de forer deux puits pendant l'été de 1974. Avant d'entreprendre son remor-

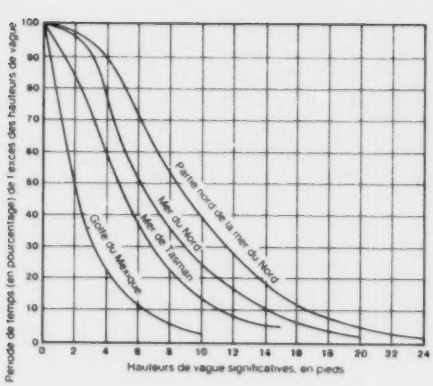


Figure 1 Excès des hauteurs de vague pour quatre zones offshore.

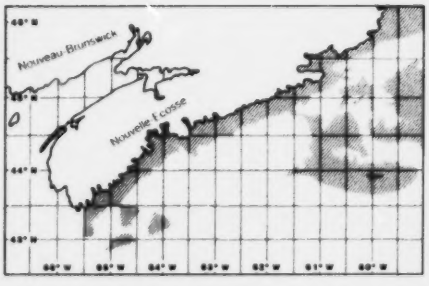


FIGURE 2 Secteur d'exploitation possible avec plates-formes auto-élévatrices au large de la Nouvelle-Écosse. Les parties hachurées montrent la faisabilité opérationnelle probable à longueur d'année en regard des extrêmes sur une période de 100 ans et sous réserve de l'état du fond marin. (Établi par Noble, Denton and Associates)

quage à partir de la mer du Nord, une étude fut faite afin de déterminer les conditions de glace susceptibles de toucher le détroit d'Hudson lorsqu'on déclarait ce dernier ouvert à la navigation. En se fondant sur cette étude, on entreprit de renforcer les cinq pontons-socles de l'unité au niveau de la ligne de flottaison afin qu'ils puissent supporter l'impact des glaces sur une surface couvrant 120° de part et d'autre de la ligne médiane à partir de l'avant. En juin, dans le passage intérieur du détroit, on rencontra une couche de glace de plusieurs années, de concentration 7/10, ainsi que des floes estimés à 15 000 tonnes qui furent frappés à faible vitesse. Pendant le voyage de retour en octobre, on ne rencontra pas de glace.

De crainte d'être jugé trop alarmiste, je puis vous assurer qu'à partir de toutes les données dont j'ai pris connaissance jusqu'à présent, mis à part le problème des icebergs, les paramètres environnementaux relatifs à la mer du Nord et aux eaux situées au large de la côte est du Canada sont très semblables. Or donc, les méthodes et les techniques mises au point dans le cadre de l'exploitation pétrolière dans la mer du Nord peuvent s'appliquer directement ici.

On hésite à faire un choix parmi les méthodes d'analyse et les courbes de fatigue ou à déterminer la hauteur de vague appropriée. Le concepteur opte alors pour une méthode prudente et il s'assure que les inspections détaillées en service sont réalisées pendant une période de référence déterminée par les méthodes d'analyse.

Que se passe-t-il lorsqu'on décèle une fissure due à la fatigue? Fait-on une passe de soudure et recommence-t-on à calculer la durée utile en fatigue à partir du moment de cette réparation? En meulant suffisamment de matériau de chaque côté de la fissure, on peut évidemment recommencer le cycle de la durée utile à cet endroit précis de la plate-forme. On doit prendre en compte le joint qui était moins critique la première fois et qui peut maintenant être le prochain élément à se fissurer parce qu'on n'a pas recommencé son cycle de durée utile en fatigue. De toute évidence, je simplifie le problème. Au Welding Institute d'Abingdon en Angleterre, des recherches sont en cours afin de déterminer laquelle des diverses techniques de réparation constitue le meilleur moyen de prolonger la durée utile en fatigue des joints tubulaires. Ces recherches visent également à déterminer s'il suffit de réparer uniquement la partie fissurée du joint ou s'il faut traiter les autres parties qui ont subi des dommages répétés en fatigue sans que des fissures ne soient décelables pour autant.

Alors, compte tenu des contraintes qu'on doit déterminer dans le cadre d'une étude de faisabilité, des limites de l'unité et de sa capacité d'exploitation dans un secteur particulier, et tenant pour acquis qu'un programme d'inspection rigoureux sera réalisé, quels sont les autres facteurs environnementaux susceptibles de nous intéresser? Quel que soit le secteur d'exploitation, on doit établir la capacité de tenue des ancres qui maintiennent l'unité sur place; il nous faut donc analyser les paramètres relatifs au fond marin. On doit s'assurer qu'il n'y a pas de câbles sous-marins ni pipelines ensouillés qu'une ancre dérapante risquerait de sectionner, et l'on doit être certain qu'aucune obstruction sous-marine ne peut endommager les amarres de la plate-forme. Les calculs relatifs aux amarres, comme le document en fait état, touchent les parties qui vont des ancres jusqu'à la surface. Devant une plate-forme, ni le concepteur ni la société de classification ne peuvent avancer que le système est approprié, car sa capacité de tenue est fonction des conditions du sol marin à l'endroit précis de son utilisation. Qu'on se rappelle l'hiver de 1973 où plusieurs unités ont rompu leurs amarres dans la mer du Nord. En 1982, toujours dans la mer du Nord, pendant le mouvement transitoire résultant de la défaillance d'une amarre double, une plate-forme a emporté l'obturateur anti-éruption, laissant ainsi le puits ouvert à la mer (3).

À défaut de faire mieux, le choix des ancres à installer sur ces plates-formes n'est que le résultat d'un compromis étant donné qu'on peut devoir les amarrer dans nombre de fonds marins différents. Il vaut toujours mieux s'assurer que le fond au-dessus duquel l'unité doit être exploitée convient aux ancres qui se trouvent à bord. Dans certains cas lorsque les ancres ne mordent pas, on doit les changer ou les empenneler afin que l'unité reste sur place dans des conditions de tempête modérées.

Il n'y a pas de moyen sûr de tester l'ancre à sa pleine capacité. Normalement, on procède à la prétension, c'est-à-dire qu'on lui fait subir approximativement 60 % des contraintes susceptibles de lui être imposées dans les pires conditions de tempête. Pour éprouver l'amarre, on maintient cette prétension pendant une heure environ. La tenue réelle de l'ancre au moment de l'effort est fonction de nombreux facteurs, y compris les forces dynamiques appliquées sur l'amarre, le frottement de cette dernière sur le fond marin et l'état général de la ligne. Les calculs sont faits en tenant pour acquis que l'équipement est neuf ou comme neuf, et qu'il n'a pas été soumis à des contraintes excédant sa durée utile en fatigue.

Même si l'on éprouve parfois des difficultés à appliquer les méthodes d'analyse, l'industrie en admet les faiblesses et les contrebalance par des facteurs de sécurité suffisamment exigeants. Il arrive que ces fac-

Données météorologiques types (Période de retour de 50 ans)			
Extrêmes	Golfe du Mexique	Mer du Nord	Côte est du Canada
Vague (pi)	52	60	95
Vent (noeuds)	131	80	88
Courant (noeuds)	1,8	1,0	2,2

TABLE 1

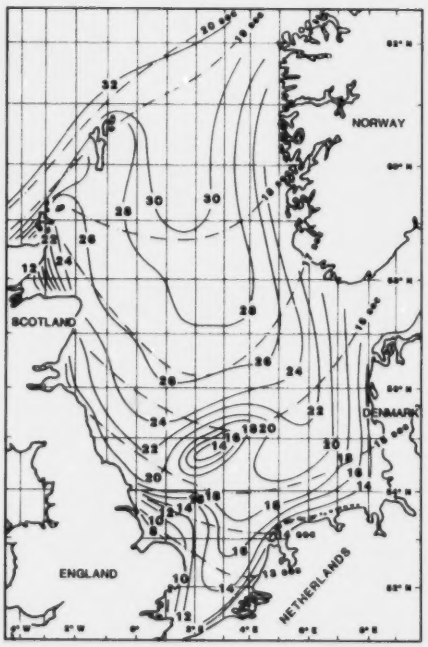


FIGURE 3 Hauteur de vague extrême (en mètres) sur une période de cinquante ans et période de succession des crêtes (en secondes) (Tiré du *North Sea Environmental Guide* avec la gracieuse permission de O.P.L.)

teurs soient trop élevés. Par exemple, des recherches récentes sur les contraintes dues au vent révèlent qu'elles sont généralement surestimées dans le cas des semi-submersibles, en raison du fait que bon nombre de théories ne tiennent pas compte de l'effet d'écran pas plus que des forces de portance tant au-dessus qu'en dessous de l'eau. Les données actuelles indiquent que les contraintes dues au vent peuvent être moindres que les contraintes calculées, ce qui signifie que le facteur de sécurité est supérieur en réalité à celui qui est établi. Cela pourrait également signifier que l'on pourrait augmenter le poids des charges variables de quelque 400 ou 500 tonnes sur une semi-submersible sans affecter pour autant la sécurité de cette dernière.

Quantité de recherches restent à faire concernant les effets combinés du vent et des vagues sur les semi-submersibles. Au Canada, la soufflerie d'essai des couches limites de l'Université Western Ontario et dont on a récemment terminé la construction offre, sous la direction de M. Alan Davenport, une occasion unique de mener des recherches de ce genre.

L'ENVIRONNEMENT ET LES INSTALLATIONS AUTO-ÉLÉVATRICES

Les facteurs environnementaux revêtent également une importance non négligeable lorsqu'il s'agit d'unités de forage auto-élévatrices. Plusieurs plates-formes de ce type sont exploitées au large de la Nouvelle-Écosse et il se peut qu'elles soient utilisées dans d'autres parties du secteur faisant l'objet de l'étude de la Commission royale.

Dans le tableau 1, nous comparons les valeurs types de la vitesse du vent et de la hauteur des vagues au large de la côte est du Canada aux conditions rencontrées dans le golfe du Mexique et dans la mer du Nord. Puisque la force des vagues est habituellement le facteur qui contribue le plus aux contraintes globales auxquelles une unité est soumise dans un endroit donné, on peut constater que les conditions météorologiques au large de la côte est du Canada sont probablement pires que partout ailleurs où l'on a déjà exploité des unités auto-élévatrices.

De toute évidence, les plates-formes auto-élévatrices construites jusqu'à présent ne pourraient pas résister à l'impact d'un iceberg. Dans les secteurs où il est possible d'en rencontrer, la probabilité d'un tel événement doit être calculée et se situer sous un niveau de risque acceptable. Les calculs doivent prendre en compte les conditions météorologiques requises pour que l'unité relève ses montants et se dégage de la trajectoire de collision de l'iceberg. En règle générale, pour abaisser et relever les montants, on doit disposer d'une période d'accalmie pendant laquelle les vagues n'excèdent pas 5 pieds environ. Il existe au moins un dispositif, désigné SeaTek Slo-Roll System, qui stabilise le mouvement d'une plate-forme auto-élévatrice et qui permet de descendre et de remonter les montants dans des vagues pouvant atteindre 15 pieds. La *Glomar Labrador I*, actuellement exploitée au large de la Nouvelle-Écosse, est équipée d'un tel système.

Pour tenir compte des facteurs environnementaux dans la conception d'une installation auto-élévatrice, un architecte choisirait, à peu près certainement, une ou deux profondeurs d'eau, une ou deux hauteurs de vagues et une distribution de la vitesse du vent. Le concepteur d'une installation auto-élévatrice ne pourrait pas tenir compte de toutes les parties du monde ni de tous les endroits où une telle unité pourrait vraisemblablement être exploitée pendant sa durée utile. Une unité peut forer en Alaska une année, au Canada l'année suivante, par la suite en Afrique, etc. Dans chacun de ces secteurs, il peut y avoir des problèmes particuliers: vagues énormes, courants forts et fonds marins différents. Les facteurs variables seraient trop nombreux pour être contenus dans un manuel d'exploitation, et les coûts afférents à leur détermination seraient prohibitifs.

Par conséquent, dans le cas d'une installation auto-élévatrice, on doit vérifier que les données spécifiques relatives à l'emplacement d'un secteur sont compatibles avec les paramètres environnementaux établis par les concepteurs. Ces paramètres peuvent être déterminés à partir des données sur les vents, les vagues et les courants maxima, données fondées sur la norme de l'APGTC relativement aux éléments d'appréciation portant sur un retour de 100 ans fournis par un bureau réputé de météorologues-conseils. Malheureusement, tous les experts possédant les mêmes données ne font pas toujours les mêmes extrapolations et c'est pourquoi nous avons souvent des renseignements incompatibles pour un même site. Cela peut mener à choisir les données météorologiques les moins élevées, ce qui pourrait avoir des conséquences fâcheuses.

Lorsqu'on établit les conditions environnementales extrêmes, il est préférable de préparer un jeu de cartes sur lesquelles figurent les lignes isohypses des phénomènes extrêmes pour l'ensemble du secteur, et de les utiliser comme repères dans le cadre de toutes les études spécifiques portant sur un site en particulier. Si possible, ces cartes devraient être approuvées par un organisme environnemental investi d'un pouvoir de réglementation. La figure 3 montre les

vagues extrêmes ayant un retour de 50 ans au large dans la mer du Nord; ces données ont été colligées par la société pour laquelle l'auteur travaille (5).

Bien que de telles cartes existent pour les variations hydrologiques généralisées au large du Canada, elles ne sont pas encore mises à la disposition du grand public. Étant donné que la conception d'une plate-forme auto-élévatrice est directement fonction de la hauteur des vagues, il est fondamental d'établir ce repère de sorte que les météorologues-conseils ne soient pas tentés de choisir la hauteur la plus faible à un endroit particulier étant donné que cela affecte la sécurité de l'installation.

CONCLUSION

Il est clair qu'à l'étape de la conception les facteurs environnementaux sont de toute première importance, et les paramètres propres au milieu dans lequel se déroule l'exploitation doivent être comparés à ceux qui sont utilisés au départ si l'on veut assurer l'exploitation sécuritaire tant des semi-submersibles que des installations auto-élévatrices.

Bibliographie

(1) Kuo C., Lee A., Welya Y., et Martin J., «Semi-Submersible Intact Stability-Static and Dynamic Assessment and Steady Tilt in Waves», Conférence sur la technologie offshore 2976, 1977.

(2) Kallaby, T. et Price, T.B., «Evaluation of Fatigue Considerations in the Design of Framed Offshore Structures», Conférence sur la technologie offshore 2609, 1976.

(3) Havig, K.M., «New Norwegian Regulations for Semi-Submersible Units», Symposium sur «Les nouvelles générations de semi-submersibles», 17 et 18 mars 1983.

(4) Capt. A. Blackman et Cowling, G.A., «Construction and Use of Contour Maps of Environmental Extremes», Symposium international sur les variations hydrologiques et le comportement des vents à l'échelle mondiale, avril 1984.

(5) The North Sea Environmental Guide, Oilfield Publication Ltd., Angleterre.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT B2

G.P. Vance
Adjoint technique
(Projets sur la côte est)
Mobil Oil Canada Ltd.

INTRODUCTION

M. Bainbridge a fait une excellente présentation de quelques-uns des effets que l'environnement peut avoir sur une semi-submersible. Il a également fait état de certaines incompatibilités entre les sociétés de classification de différents pays, et de certaines anomalies pouvant résulter d'une étude superficielle de toutes les variations et combinaisons de sollicitations provenant de l'environnement. S'il y a une faiblesse dans l'exposé, elle est caractéristique des publications des sociétés de classification, c'est-à-dire que M. Bainbridge n'explique pas le raisonnement à partir duquel sont déterminés les critères fondamentaux, les facteurs de sécurité et les algorithmes de base relatifs aux contraintes. En outre, il inclut comme volet des «autres charges» un facteur particulièrement important dans le secteur septentrional des Grands bancs, soit les sollicitations dues à la glace, mais il ne dit pas comment les sociétés de classification pourraient exiger d'un concepteur qu'il détermine ces charges et en tienne compte dans le calcul de l'échantillonnage.

EXPOSÉ

Pour élaborer sur ce que j'avance, je suivrai l'ordre des sujets traités par M. Bainbridge.

Dans son analyse, l'auteur décrit en termes généraux l'algorithme (LOADS) utilisé pour déterminer les sollicitations ou contraintes imposées à une semi-submersible et provenant du vent, des vagues et des courants. Malheureusement, il ne traite pas des équations fondamentales ni des rapports physiques utilisés pour convertir en charges les sollicitations du milieu. C'est une chose que d'en référer aux règlements d'une société de classification; c'est une autre histoire que de comprendre ce qui sous-tend ces règlements. M. Bainbridge, avec toute la compétence et l'expertise qu'on lui reconnaît, aurait rendu un fier service aux concepteurs et à la Commission s'il avait mis en équation les rapports physiques fondamentaux et les charges prévues sur la structure. Il aurait pu ainsi démontrer l'effet qu'auraient sur les charges des erreurs dans les coefficients de traînée, les coefficients d'inertie, les longueurs et les périodes des vagues.

Dans la partie traitant des «autres charges», M. Bainbridge précise certaines des autres contraintes qu'il faut prendre en compte. Les sollicitations dues au givrage et à la glace, et qui sont surtout évidentes dans le secteur des Grands bancs, sont particulièrement intéressantes. Il importerait de pouvoir comparer d'une part les conditions spécifiques des glaces, par exemple glace solide, glace fragmentée, et d'autre part la contrainte imposée. Un guide sur les charges dues au givrage, le rythme auquel elles s'accumulent, l'épaisseur maximale admissible et l'endroit de l'accumulation, serait très utile.

L'auteur fait remarquer que les règlements gouvernementaux ne donnent généralement pas de directives sur l'échantillonnage de base acceptable dans l'idée que l'unité sera classée par une société de classification reconnue. C'est un détail important dans un pays tout juste en train d'établir sa réglementation. M. Bainbridge indique également que les critères de conception sont, dans les faits, des limites relatives aux critères environnementaux associés aux limites opérationnelles, combinées à des facteurs de sécurité admissibles. En d'autres termes, il entre dans la conception une grande part de jugement technique.

L'auteur décrit deux critères de conception: conditions de survie et conditions d'exploitation. Il indique que les conditions de survie sont fondées sur la tempête dont la période de retour est de 50 ans. Il serait intéressant de connaître le raisonnement que la Lloyd's a fait pour en arriver au choix de la tempête de 50 ans et non de celle de 100 ans; il serait également intéressant de savoir si la tempête de 50 ans équivaut à la vague de 50 ans ou au courant de 50 ans. Je constate que les autres sociétés de classification utilisent une période de retour plus longue. Il serait également intéressant de comprendre pourquoi le système d'amarrage doit être conçu selon les maxima concurrents relatifs au vent, à la vague et au courant dans le cap le moins favorable plutôt qu'en fonction d'une certaine probabilité de combinaison de ces facteurs.

L'auteur souligne la contradiction entre la recommandation RP2P de l'API qui préconise l'usage d'un vent d'une minute, et celle du DNV qui suggère un vent d'une heure, la différence résultant en une diminution de 30 % dans la tension statique des amarres. L'auteur peut-il nous indiquer laquelle choisir, et pourquoi?

Les données fournies par l'auteur sur les études de sensibilité ayant trait aux variations des contraintes en fonction de la hauteur et de la direction des vagues nous éclairent. La figure 9 indique une augmentation importante de la contrainte dans les éléments transversaux lorsque les vagues les frappent par le travers. Cela signifie-t-il

qu'une semi-submersible symétrique serait plus résistante qu'une installation rectangulaire en raison d'une meilleure répartition des contraintes dues aux changements dans la direction du vent?

À la figure 11, M. Bainbridge démontre qu'en vertu des règlements de la Lloyd's les contraintes maximales que subissent les éléments de contreventement se produisent dans les conditions de survie; cependant, il n'est pas évident qu'elles se produisent à une hauteur de vague inférieure à la hauteur maximale. Si tel est le cas, l'auteur pourrait-il expliquer pourquoi cela se produirait dans les conditions de survie et non dans les conditions d'exploitation ou de transit? Il n'est pas hors de propos de faire remarquer que si l'on permet une contrainte admissible différente à des tirants distincts, on peut déduire, à partir de la figure 11, que les contraintes maximales se produisent dans les conditions d'exploitation et NON PAS dans les conditions de survie.

Il est révélateur de constater, à partir de la figure 17, que la majeure partie des dommages en fatigue ont été mis en équation avec des hauteurs de vagues relativement faibles (3 à 6 m) dont les périodes vont de 6 à 10 secondes en passant par le point zéro; néanmoins, l'auteur pourrait-il préciser ce que signifient les chiffres inscrits dans les carrés du diagramme de dispersion?

Autre irrégularité signalée par l'auteur: la différence dans les normes de soudage de l'*American Welding Society* et du *Department of Energy* du Royaume-Uni, et l'incidence qu'elle a sur la détermination de l'ensemble des dommages pouvant survenir. L'auteur pourrait-il commenter le sujet, particulièrement sur la base du mandat qu'a la Commission de faire des recommandations en matière de lignes directrices et de critères?

Pour résumer et en guise de conclusion, l'auteur a fait un bon travail en ce qui concerne les sollicitations provenant de l'environnement qu'il faut prendre en compte dans l'analyse d'une semi-submersible, mais il n'a pas expliqué de quelle façon les critères de conception pourraient refléter les facteurs environnementaux. Il a fourni de bonnes explications sur la sensibilité des sollicitations de l'environnement en regard de la hauteur, de la période et de la direction des vagues, et enfin, ce qui n'est pas moins important, il a fait état des incompatibilités entre les différentes normes et lignes directrices appliquées à l'échelle mondiale.

Résumé de la discussion générale

Le président de la séance, M. R.A. Hemstock, a amorcé la discussion en soumettant une question écrite de G.L. Hargreaves (Consultant, Royaume-Uni) concernant l'application, par les ingénieurs, des courbes S/N (contrainte nominale) publiées par le ministère de l'Énergie du Royaume-Uni, en tenant compte du problème de la «durée utile en fatigue» au cours du processus de la conception. M. C.A. Bainbridge (Lloyd's Register of Shipping) a répondu que l'interprétation des courbes telles qu'elles existent présentait des problèmes surtout lorsqu'on les appliquait à des structures offshore où les contraintes sont imputables aux vagues plutôt qu'aux «charges connues» répétées. M. Ray Street (Hollobone, Hibbert) a demandé si les recherches courantes effectuées par le Royaume-Uni sur la fatigue et les courbes de fatigue sont satisfaisantes, compte tenu de l'appui financier accordé. M. Bainbridge a fait savoir que l'on est en train d'adopter de nouvelles courbes mais qu'elles s'appliquent uniquement aux joints tubulaires.

M. R.B. Wardlaw (CNRC) a parlé de l'importance des contraintes dues au vent dans la conception de la structure du fait qu'elles ont une incidence sur les charges résultantes imposées aux amarres et sur les fréquences naturelles de mouvement de la plate-forme. Il a également souligné l'importance d'une interprétation exacte du vent (ou de la vague) ayant une période de retour de 100 ans, et il a précisé que cela signifie qu'il y a une probabilité sur 100 qu'un tel vent (ou une telle vague) se produise pendant une année.

M. B.P.M. Sharples (Noble, Denton) a convenu qu'il importe de tenir compte des contraintes dues au vent, et qu'un vent qui varie entraîne des charges pouvant avoir un effet de fatigue sur la structure. La *Society of Naval Architects and Marine Engineers* (SNAME) mène des recherches en ce sens, particulièrement sur l'incidence que le vent a sur le comportement des semi-submersibles. Il a fait remarquer qu'on devait cependant s'assurer que les nouvelles données sur les contraintes dues au vent ne modifient pas les pratiques courantes dans d'autres domaines de la conception des structures.

M. G.P. Vance (Mobil Oil Canada) a demandé à M. Bainbridge si une semi-submersible symétrique à poutre-caisson, comparée à une autre à deux pontons, serait plus efficace structurellement parlant. M. Bainbridge a répondu qu'il a été démontré qu'une telle configuration non carrée présentait de meilleures caractéristiques de mouvement et offrait moins de résistance pendant le remorquage.

M. F. Dello Stritto (Mobil Oil Canada) a allégué que l'attitude sceptique des océanographes, des architectes navals, des ingénieurs en charpentes et des concepteurs est saine face aux données relatives à l'environnement (particulièrement les hauteurs de vagues) en ce sens qu'elle suscite l'élaboration d'une méthode de révision intrinsèque pendant tout le processus de la conception. Il en résulte également que ces spécialistes peuvent analyser ces données de façon plus critique et faire preuve de prudence dans leurs estimés des contraintes dues aux vagues, au courant et à la glace. Ceux qui utilisent des données connaissent les disparités inhérentes à leur saisie et aux méthodes d'analyse et, par conséquent, ils sont prudents lorsqu'ils s'en servent pendant le processus de la conception. M. Sharples convient avec M. Dello Stritto que les données sur les hauteurs des vagues présentent un problème, particulièrement lorsqu'on doit faire approuver une unité pour un secteur spécifique, par une autorité investie d'un pouvoir de réglementation qui doit également interpréter ces données.

Pour ce qui est des carences des méthodes de prévisions météorologiques, M. Dello Stritto fait remarquer que l'impossibilité actuelle de prévoir les tempêtes à moyenne échelle peut avoir un effet désastreux sur les navires et les structures offshore. Il a indiqué que l'utilisation faite par M. Ford de la gamme de 60 à 140 noeuds dans l'estimé du vent ayant une période de retour de 100 ans dans le champ Hibernia donne une fausse impression parce que les méthodes disponibles peuvent fournir une gamme de prévisions bien moins vaste. M. V. Swail (Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada) a fait remarquer que l'étude du climat, dont il est co-auteur, cite la gamme de 60 à 140 noeuds sur la base que les documents disponibles publiés fournissent des valeurs sur toute cette gamme. Il a convenu qu'elle serait réduite si l'on utilisait les connaissances et les méthodes actuelles, mais la réduction se limiterait à la moitié de la gamme.

M. Dello Stritto a également critiqué l'absence de réglementation canadienne obligeant les opérateurs qui prévoient exploiter une plate-forme auto-élévatrice de soumettre des données relatives à des trous de sonde pour l'emplacement choisi. Il a souligné que la majorité des sociétés obtiennent, de fait, des échantillons de sondage dans l'endroit choisi, malgré l'absence d'une telle réglementation. Tout en convenant de la logique d'un tel règlement, il a également fait une mise en garde contre le fait qu'une telle exigence aurait aussi pour résultat d'émousser l'intérêt de l'exploitant. M. L. Brandon (APGTC) a fait remarquer qu'une directive, non pas un règlement, existe pour obliger le géologue à l'emploi de l'exploitant à soumettre à l'APGTC un rapport sur le fond marin en cause et à se trouver sur place pendant l'ancrage de l'installation auto-élévatrice. M. Brandon a également fait valoir que cette forme de réglementation place le fardeau de la responsabilité sur l'industrie, procédé qui a reçu l'appui de M. G.R. Harrison dans son allocution d'introduction.

M. W.H. Michel (Friede & Goldman) a ajouté que les concepteurs ont d'autres problèmes en ce qui concerne la définition des données sur la hauteur des vagues: cette hauteur est-elle mesurée à partir de la crête jusqu'au creux de la plus haute vague, ou représente-t-elle la double amplitude d'une crête? M. L. Draper (*Institute of Oceanographic Sciences*, Royaume-Uni) n'a pas corroboré la deuxième définition avancée par M. Michel et il a affirmé que les océanographes n'utilisent que les hauteurs mesurées de la crête jusqu'au creux de la vague. M. Michel a toutefois rétorqué que les concepteurs sont pris dans ce dilemme et il a souligné que c'est l'amplitude des vagues qui donne naissance aux caractères distinctifs de la force et du mouvement dont il faut tenir compte à l'étape de la conception.

M. Swail a élaboré sur les contraintes dues au vent et il a dit craindre qu'on ne leur donnât pas suffisamment d'importance. Il a fait état des recherches en soufflerie en cours à l'Université Western Ontario où les essais réalisés révèlent que les contraintes dues au vent sont, dans certaines conditions, potentiellement tout aussi importantes que celles qui résultent des vagues. M. Sharples a convenu que les effets des contraintes combinées du vent et des vagues sur les semi-submersibles restent encore inconnus et que leur importance justifiait qu'on s'y arrête. M. Wardlaw a fait remarquer que le CNRC s'intéresse aux effets des contraintes dues au vent et qu'il est à mettre au point des essais où les contraintes relatives au vent, aux vagues et au courant seraient mesurées simultanément. Le Conseil national de recherches du Canada serait heureux qu'on lui soumette des observations ou des suggestions sur ce sujet de recherche.

M. Swail a fait part d'un autre facteur d'inquiétude: l'incidence de l'accumulation de la glace, particulièrement lorsque cette dernière est combinée aux contraintes

imposées par le vent et les vagues. Ces contraintes combinées pourraient avoir de graves répercussions sur la sécurité tant du personnel de pont que sur l'ensemble de la structure de la plate-forme.

M. J. Benoit (Mobil Oil Canada), devant les craintes exprimées par M. Ford relativement aux bergy bits et aux bourguignons et à leur détection par radar, a expliqué que l'industrie, conjointement avec la Patrouille internationale des glaces, a découvert que ces blocs de glace de moindres dimensions qui peuvent se désagréger en moins d'une journée sous l'effet de la température de l'eau et par l'action des vagues, ne sont pas dispersés au hasard mais se trouvent presque toujours regroupés dans le secteur de l'iceberg dont ils se sont détachés. Cela signifie que les bergy bits peuvent être plus facilement repérées. Les recherches menées grâce au Fonds renouvelable réservé à l'étude du milieu visent l'amélioration des techniques de détection des grands icebergs et des blocs de moindres dimensions. M. Ford a fait remarquer que les gammes de détection radar des icebergs sont fondées sur des calculs théoriques qu'il est nécessaire de vérifier sur place pendant les recherches.

W. Michel
Vice-président
Friede & Goldman Limited

M. Michel, architecte naval, possède une vaste expérience du génie et de la construction techniques. Il travaille depuis 23 ans pour Friede & Goldman Ltd. à titre de responsable de la recherche et du développement pour tous les types de bâtiments maritimes. Il mène également des études structurales et hydrodynamiques détaillées pour la construction de nouveaux types de navires et la mise au point de nouvelles caractéristiques. Parmi ses spécialités, mentionnons la résistance et la propulsion des bateaux, le comportement du milieu marin et l'analyse hydrodynamique et structurale de pointe. M. Michel a fait partie de nombreux comités du SNAME, groupe dont il est membre; il est actuellement membre du Comité des règles de l'ABS pour les unités mobiles offshore.

DOCUMENT C1

Principes et processus de conception de la sécurité des opérations en mer

INTRODUCTION

Afin d'étudier les principes de conception de la sécurité des opérations en mer, il faut se reporter aux méthodes qui existent depuis deux décennies, dont certaines se sont révélées sensées et pratiques et dont d'autres demeurent douteuses bien qu'elles soient expéditives et vraisemblablement attirantes. Nous devons d'abord remarquer que les premiers règlements et règles concernant les MODU ont été établis par l'industrie elle-même. Il s'agit d'un ensemble de principes et d'énoncés présentés collectivement par les concepteurs, les propriétaires et les exploitants d'unités de forage offshore à l'*American Bureau of Shipping*, à des fins d'administration et de certification. Le premier ensemble de règles de l'organisme concernant les MODU a été établi en 1968 et a servi de base à tous les règlements promulgués à travers le monde par la suite.

Pendant les années qui ont suivi, il y a eu un certain nombre de modifications et d'éclaircissements des règles résultant de l'expérience et d'une plus grande importance accordée aux exigences de base. Cependant, on n'a pas suffisamment pris en considération tous les aspects importants de la structure et de la stabilité, et la recherche a été sporadique. C'est seulement suite aux catastrophes récentes qu'on a concerté les efforts pour faire un nouvel examen des principes et du processus de conception des unités mobiles offshore.

Dans notre exposé, nous présentons un certain nombre de caractéristiques et de pratiques de conception applicables aux plates-formes semi-submersibles et auto-élévatrices, caractéristiques et pratiques que nous avons élaborées au cours de plusieurs décennies d'activité dans ce domaine en vue de produire une structure solide capable de supporter les conditions environnementales auxquelles elle est soumise. Comme tel, on peut considérer cet exposé comme une suite de l'exposé n° 14 du *Design-Inspection-Redundancy Symposium*, qui a eu lieu à Williamsburg (Virginie) en novembre 1983 et qui a fait ressortir la nécessité de recherches plus poussées sur les structures et la stabilité, d'un meilleur contrôle de la construction et de l'inspection, et d'un nouvel examen de certains énoncés théoriques d'importance vitale.

Aux fins de consultation immédiate, nous reprenons le résumé et les conclusions de ce document (référence 1). Nous avons présenté une vue d'ensemble des principaux secteurs problèmes reliés à la conception, à l'inspection et à la redondance, en insistant sur les aspects les plus urgents. Les interventions requises vont de la simple révision, à laquelle il faut d'abord se consacrer à l'analyse et la recherche poussées sur les aspects qui ne sont pas encore bien compris. Les aspects suivants doivent être pris en considération:

1. Il faudrait résoudre certains problèmes comme la nécessité d'unifier et d'accorder davantage les énoncés concernant l'échantillonnage des cales à eau pour semi-submersibles et d'inspecter plus rigoureusement les ouvrages pendant la construction.
2. Il faut faire une nouvelle analyse approfondie des exigences concernant les poutres-coques, particulièrement en ce qui a trait à la stabilité structurale des coques supérieures de faible échantillonnage, en présence d'ouvertures multiples.
3. Des travaux de recherche concernant la fatigue sur un nombre de cycles élevé, particulièrement en ce qui a trait à l'établissement de relations S-N pour les types particuliers de détails de fabrication utilisés dans les plates-formes flottantes.
4. Il faudrait poursuivre la mise au point de méthodes de la mécanique des ruptures en vue de prévoir la fatigue sur un petit nombre de cycles. On recommande de faire des études statistiques sur l'importance et la nature des vices qui risquent de passer inaperçus lors de l'inspection en cours de construction et qui sont découverts lors d'examens ultérieurs.
5. Des essais et des analyses plus poussés s'imposent pour comprendre les effets du vent sur les semi-submersibles; il est également nécessaire d'effectuer des travaux de recherche sur les effets combinés du vent et des vagues en vue d'établir des critères appropriés.
6. Il est nécessaire de mettre au point des méthodes plus précises pour étudier les charges dues aux vagues et leurs effets sur la structure des unités auto-élévatrices soumises à des conditions environnementales hostiles en eaux profondes. On estime qu'il est essentiel de faire des essais sur modèles de plates-formes auto-élévatrices en position élevée en vue de déterminer les paramètres d'amortissement et d'amplification et finalement de faire une analyse spectrale.
7. Il est nécessaire de faire une étude complète basée sur les techniques d'analyse du risque en vue de justifier les exigences de redondance en ce qui a trait à la perte d'éléments importants, par exemple une jambe complète de plate-forme auto-élévatrice, un caisson ou une coque de semi-submersible, etc.

SEMI-SUBMERSIBLES

Considérations générales relatives à la structure

La figure 1 montre la configuration classique d'une semi-submersible à coques jumelles. Il s'agit d'une plate-forme «Pacesetter» mise au point par notre société. La première unité, construite pour la société Western, a été terminée en 1972; depuis, on en a construit plus de vingt autres. Sur la figure, on voit trois caissons montés sur chaque coque et un ensemble complet d'entretoises horizontales et diagonales supportant un pont de plate-forme à poutres en treillis. Certains modèles construits par d'autres sociétés comprennent quatre caissons de chaque côté et certains (avec une structure de coque supérieure pleine) en comprennent seulement deux par côté.

Notre principe de base a été d'utiliser une structure triangulée afin de réduire les moments de rotation aux points critiques, moments qui se manifestent par exemple lorsqu'on utilise des portiques et des poutres Vierendeel, particulièrement sous l'effet des charges latérales. Dans certains cas, pour lesquels nous avons utilisé des coques rectangulaires pleines comme structure supérieure, nous avons éliminé les entretoises diagonales dans la direction longitudinale, mais seulement après un examen détaillé des niveaux de contrainte possibles sous l'effet de charges environnementales extrêmes. À cet égard, on peut remarquer que pour la *Castoro 6* utilisée pour la pose de canalisations, qui a une coque supérieure pleine et des coques inférieures, ainsi que cinq caissons de chaque côté (presque deux Pacesetter placées bout à bout), on a jugé nécessaire d'ajouter des entretoises à chaque travée longitudinale afin de réduire les contraintes de flexion qui autrement s'exerceraient sous l'effet de la charge de flexion longitudinale classique de l'unité. De toute façon, en raison de la charge latérale élevée qui peut s'exercer sur une semi-submersible exposée au mauvais temps, nous croyons essentiel d'ajouter des entretoises diagonales orientées de façon adéquate en vue d'offrir une résistance aux contraintes de flexion excessives qui se développent aux endroits critiques. Nous n'avons pas la témérité de les éliminer entièrement.

Pour déterminer les charges dues aux vagues qui seront utilisées dans l'analyse de la structure tridimensionnelle, nous nous basons dans une large mesure sur des essais sur modèles pour établir les déplacements et aussi pour enregistrer directement les forces et les moments exercés sur les éléments de structure dans les pires conditions de la mer, au tirant d'eau de survie ainsi que dans les conditions de mer spécifiées pour les modes de transit et de forage. Pour tout changement appréciable des dimensions, bien que la configuration générale puisse être la même, nous effectuons de nouveaux essais afin de confirmer toute projection analytique qui a pu être faite pour l'évaluation préliminaire. À partir de ces données ainsi que des charges de service et d'exploitation, nous analysons une vingtaine de combinaisons de charges différentes, couvrant la gamme des situations prévues afin d'établir la validité de la structure globale.

Coques et caissons inférieurs

Normalement, nous déterminons les dimensions du bordé et de la membrure de l'enveloppe et des cloisons des coques et caissons inférieurs en nous basant sur les cales à eau. En général, l'échantillonnage résultant est assez élevé pour que ces éléments puissent jouer efficacement le rôle d'éléments de structure tridimensionnelle aux niveaux de contrainte nominale à l'intérieur des limites admises (sauf aux intersections coque-caisson-entretoises qui sont soumises à de fortes charges et qui doivent habituellement être renforcées).

Dans notre façon de procéder, nous établissons cet échantillonnage en nous basant sur la hauteur totale jusqu'à la partie supérieure du trop-plein (plus la hauteur équivalente de perte de charge) plutôt que sur la hauteur aux deux-tiers normalement acceptée pour les navires de surface, étant donné que les demi-cales à eau sont remplies sous pression à débit élevé et qu'il y a assez souvent un débordement en service. De plus, nous considérons la marge normalement appliquée à l'échantillonnage comme un facteur relevant de l'expérience plutôt qu'une tolérance de corrosion et nous ne réduisons par l'échantillonnage même si toutes les surfaces sont protégées contre la corrosion. Par surcroît, l'épaisseur du bordé extérieur est encore accrue afin de réduire le risque de rupture en cas d'endommagement, car celui-ci serait difficile à réparer aux endroits inaccessibles.

Pour tenir compte davantage de l'importance de maintenir l'intégrité de tous les compartiments dans les coques et caissons, du point de vue de la structure et de la stabilité, les essais de tous les réservoirs doivent, selon nos spécifications, être faits à la pleine hauteur du trop-plein, afin d'assurer une construction solide et une conception adéquate.

Éléments de contreventement à l'horizontale

Ces éléments sont les parties les plus critiques de la structure d'une semi-submersible car ils permettent de maintenir ensemble les coques inférieures et les caissons. Essentiellement, ce sont des éléments en tension soumis à la charge directe du poids de la partie supérieure et des charges de service, auxquelles s'ajoutent les forces d'amarrage et de propagation des vagues exercées sur les caissons et les coques inférieures. Bien que ces dernières charges soient périodiques et influent sur la résistance à la fatigue, la rupture finale se produit en tension, et il faut accorder une attention particulière à la disposition de ces éléments, tant à l'étape de la conception qu'à celle de la construction, afin de réduire les possibilités de séparation catastrophique des éléments de contreventement. Quant à nous, pour la conception structurale des éléments de contreventement horizontaux, nous procédons de la façon suivante:

1. Les éléments de contreventement sont totalement étanches, et des ouvertures d'accès à l'intérieur des caissons permettent l'inspection à sec de la structure interne sans qu'il soit nécessaire d'élever l'unité.
2. Des dispositifs de surveillance sont installés de façon à permettre la vérification à distance du volume interne des éléments de contreventement, en vue de détecter les fuites d'eau possibles par des fissures.
3. Un certain nombre de longrines en T résistantes sont installées à l'intérieur sur le périmètre de l'enveloppe cylindrique de l'entretoise de contreventement (figure 2). Ces longerons, avec les membrures annulaires requises pour prévenir l'effondrement de l'enveloppe sous l'effet de la pression de l'eau forment un treillis très résistant qui peut réduire les dommages locaux résultant de l'impact des vagues ou des collisions, ou des deux (particulièrement pendant le déplacement). La redondance offerte par ces longrines en vue de limiter la propagation des fissures de l'enveloppe qui peuvent se produire dans une situation de fatigue ou d'avarie est encore plus importante et plus critique. À cet égard, nous précisons en plus que les soudures en bout des longrines doivent être assez décalées par rapport aux soudures en bout de l'enveloppe tubulaire.
4. Enfin, en ce qui concerne les noeuds critiques, l'épaisseur de la plaque d'enveloppe de l'élément de contreventement est accrue et les pièces de renfort longitudinales sont intégrées dans d'épaisses plaques à diaphragmes internes qui se prolongent directement dans le noeud en tant que partie de la structure caisson-coque adjacente (figure 3). L'échantillon des noeuds (ou joints) est déterminé de façon que le niveau de contrainte nominale soit approximativement la moitié de la limite admissible en conditions de charge maximale. D'après les analyses détaillées par éléments finis de la structure du noeud résultant, l'intensité de contrainte locale maximale ne dépasse pas la limite admissible et par conséquent, en ce qui

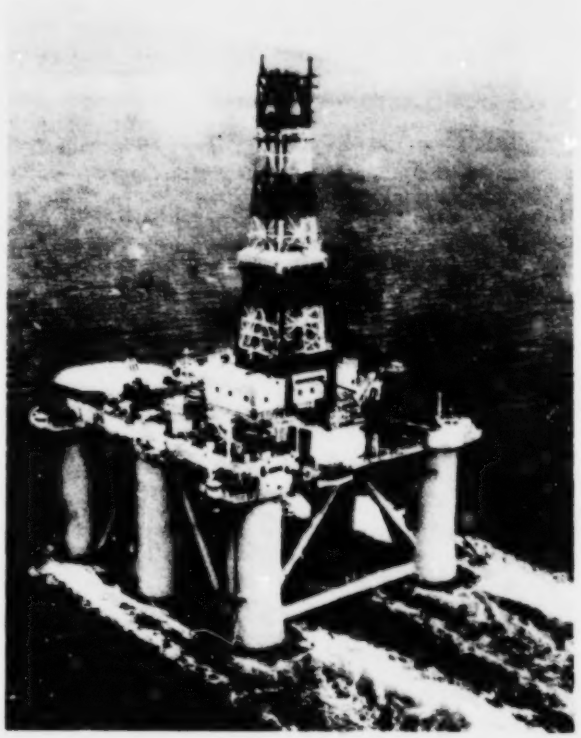


FIGURE 1

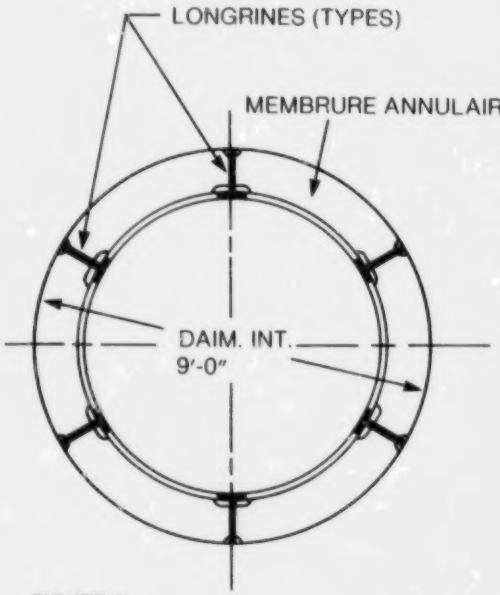


FIGURE 2

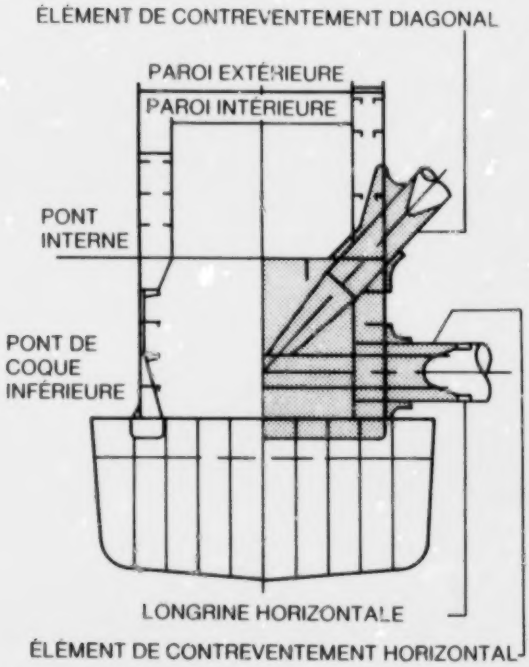


FIGURE 3

concerne la fatigue, les seuls facteurs de concentration des contraintes dont il faut tenir compte sont ceux du soudage et de la fabrication qui sont assez bien évalués à partir des codes établis.

Éléments de contreventement diagonaux à la verticale

En ce qui concerne les éléments de contreventement qui supportent la structure supérieure, on accorde la même attention et on effectue le même traitement, mais on omet les pièces de renfort longitudinales. Dans ce cas, les entretoises sont essentiellement des éléments en compression et les éléments redondants internes ne sont pas obligatoires. De plus, l'intensité des charges d'impact des vagues est beaucoup plus faible et bien que les possibilités d'endommagement local attribuables aux navires de réserve en opération soient assez élevées (et que cet endommagement se produise assez souvent), le risque de désastre est minimal dans la mesure où ces éléments périphériques ne sont pas soumis à des contraintes élevées au cours de ces opérations, et où tout dommage important est rapidement détecté et réparé.

De toute façon, on peut remarquer que le système de contreventement de la *Pacesetter* possède intrinsèquement la redondance qui est maintenant exigée par plusieurs organismes de réglementation et par laquelle la perte d'un des éléments de contreventement, n'entraîne pas l'effondrement de la structure globale. La plupart des organismes de réglementation et de classification ne tiennent pas compte des exigences de conception détaillées concernant les éléments de contreventement individuels, telles que résumées ci-dessus, des points de vue de la possibilité d'inspection, de la redondance à l'intérieur des éléments de tension, etc. Il faudrait prendre ces questions en considération afin de réduire le risque de perte d'un élément de contreventement.

Structure supérieure de la plate-forme

Du point de vue de la structure uniquement, le type de structure supérieure que nous avons préféré est la configuration à grille de poutres ouverte sur laquelle sont construits, en fonction des besoins et de la disposition, les ponts de plate-forme, les roufs, les infrastructures, les parcs à tiges, etc. Nous avons confiance en la méthode de conception dictée par les codes civils et les méthodes de longue date utilisés pour les structures similaires, par exemple les ponts d'autoroute et les poutres de construction, dans lesquelles les configurations de charge sont similaires et les éléments de structure sont conçus en fonction de forces de cisaillement élevées et de transferts de moment sous des charges importantes, et des supports des noeuds. Nous avons utilisé ce système pour la majorité de nos unités.

La tendance actuelle est à l'utilisation d'une coque en caisson supérieure complète à l'intérieur de laquelle la plus grande partie de l'équipement de production d'énergie, les installations de forage et de service, et les emménagements sont bien séparés. L'attrait de cette solution tient à une répartition plus uniforme de l'espace du pont supérieur utilisable pour le stockage du matériel de forage et les opérations, et une zone généralement plus abritée pour les systèmes ainsi qu'une meilleure protection contre le vent et le froid. (Cela vaut pour les régions septentrionales, mais cet avantage n'est pas aussi apprécié dans le golfe du Mexique ou les autres régions chaudes.)

Son principal objet, cependant, est de répondre plus facilement aux exigences de flottaison des derniers règlements de plusieurs autorités européennes concernant la stabilité en cas d'avarie.

Du point de vue de la structure, cependant, il n'est pas certain que la coque en caisson supérieure pleine puisse supporter les contraintes de service et environnementales auxquelles elle est soumise. Elle est rigide hors de doute, et c'est pourquoi de nombreux concepteurs sont tentés d'éliminer les éléments de contreventement, ce qui peut donner lieu à des contraintes (et à des déformations) locales élevées aux noeuds importants. Il n'existe pas de facteur d'expérience de base pour les caissons à revêtement très mince soumis à des charges locales élevées de portée et de soutien, de l'ordre de grandeur que l'on retrouve dans une semi-submersible type. Les analyses par éléments finis sont les seules méthodes indiquées et elles peuvent conduire à des conclusions faciles dans lesquelles on peut avoir élaboré un modèle en omettant un panneau de pont important ou une grande ouverture dans une cloison vitale, ou avoir fait une omission similaire qui peut être critique.

Cependant, la coque en caisson supérieure est bien implantée. Pour nos unités construites sur ce principe, nous établissons une configuration en grillage des cloisons principales et du pont associé et des «membrures» inférieures de bordé de résistance élevée, afin de simuler la structure en grillage ouverte que nous préférons, et nous tentons d'établir (par spécification et inspection) que ces zones demeurent protégées des pénétrations ou des fuites provenant des zones sans renforcement. Nous considérons ce procédé comme une mesure de redondance contre toute fracture ou rupture possible de la «paroi contrainte» de la coque en caisson.

Considérations relatives à la stabilité

Depuis l'établissement du premier ensemble d'exigences concernant la stabilité des unités mobiles, publié par l'*American Bureau of Shipping* en 1968, nous avons essayé d'intéresser tous ceux qui sont touchés par les activités offshore à élaborer des exigences qui tiennent compte de façon plus rationnelle et plus précise des effets de tous les facteurs environnementaux (vent, vagues et courant) plutôt que de continuer à élaborer un critère de vent seulement basé sur des facteurs arbitraires et non corroborés. À part l'unique recherche réalisée au début des années 70 (référence 2) qui a donné des résultats précis favorisant une étude plus approfondie, l'industrie n'a manifesté que peu d'intérêt pour d'autres travaux de recherche. Il nous semble que du point de vue de la sécurité en mer, les organismes de réglementation gouvernementaux et les organismes de classification, à défaut d'autres organismes, auraient eu besoin d'établir un ensemble de critères adéquat. Nous poursuivrons nos efforts dans ce sens.

En ce qui concerne les propositions et règlements nouveaux en matière de stabilité en cas d'avarie, nous approuvons l'exigence voulant qu'à la suite de l'endommagement d'un (en réalité de deux) compartiment, l'unité ne doive pas s'incliner de plus de 15 degrés et que tous les systèmes de sauvetage importants restent en opération et efficaces, y compris le ballastage. Cette restriction est appropriée et est équivalente à celle qui est appliquée depuis longtemps aux navires à passagers, dans laquelle une inclinaison de 15 degrés est considérée comme un angle limite pour les opérations d'urgence et la sécurité du personnel.

Cependant, nous n'arrivons pas à comprendre la validité ou la raison d'être de la proposition selon laquelle en cas de perte de flottabilité catastrophique (généralement la perte d'un caisson), l'unité doit supporter un angle d'inclinaison de 35 degrés (le nombre magique) et que des mesures doivent être prévues à bord pour la ramener à une position plus maîtrisable. D'après l'expérience acquise avec les unités qui ont déjà réellement ou vraisemblablement répondu à ces exigences, nous avons constaté que certaines des mesures nécessaires entraînent un plus grand risque de perte dans des circonstances plus probables; par exemple, la restriction des voies d'évacuation normales (la seule voie acceptable étant vers le centre du puits – j'ai bien dit le centre du puits!).

Nous avons dû étudier ces dernières exigences dans plusieurs cas pour lesquels des propriétaires de plates-formes ont spécifié leur besoin d'opérer en suivant de tels règlements. Nous l'avons fait avec certains dou-

tes, mais au mieux de nos capacités afin de réaliser l'objectif sans sacrifier indûment les caractéristiques qui rendent l'unité efficace et sûre dans des circonstances plus probables. Nous maintenons notre objection.

PLATES-FORMES AUTO-ÉLÉVATRICES

Considérations générales

Les modes d'exploitation, pour lesquels des analyses structurales de différents types portant sur les plates-formes auto-élévatrices doivent être effectuées, peuvent être présentés en ordre chronologique:

1. L'unité est en déplacement (transit) entre deux sites, flotte sur sa propre coque et ses jambes sont complètement relevées.
2. Une fois sur les lieux, les jambes sont abaissées jusqu'à ce qu'il y ait contact ferme avec le fond de la mer puis la coque est élevée à une hauteur à laquelle le préchargement peut être effectué en vue de vérifier la force portante du sol, et elle est finalement élevée jusqu'à la hauteur désignée au-dessus du niveau de la mer et fixée solidement en vue des opérations de forage.
3. Dans sa position élevée finale en vue des opérations de forage, l'unité doit maintenir son intégrité structurale sous l'effet de diverses combinaisons de charges d'exploitation et de facteurs environnementaux (vagues, courant et vent) tel que précisé pour l'endroit donné.

Il est important de remarquer que les pertes les plus graves subies au cours des quelque 25 années d'utilisation de plates-formes auto-élévatrices se sont produites suivant le même ordre décroissant. La plupart des accidents qui ont entraîné des pertes de vie et le naufrage de la plate-forme se sont produits pendant le déplacement de l'unité. Les pertes étaient moins graves (bien que plus nombreuses en ce qui a trait à l'endommagement des jambes) pendant l'abaissement et l'élévation de l'unité. Enfin, il n'y a eu pour ainsi dire aucune perte pendant que la plate-forme était en position élevée dans les conditions environnementales prescrites. Malgré ces considérations, l'importance accordée aux travaux de conception a suivi l'ordre inverse, pour la bonne raison que l'unité est construite dans un but particulier, le forage en position élevée, et que toutes les autres situations sont considérées d'importance secondaire.

Les principes de base devant servir à la conception de la structure sont très bien présentés dans la note de classification sur les plates-formes auto-élévatrices publiée par *Det norske Veritas* (référence 3). Nous nous proposons maintenant de présenter certaines des considérations relatives à la structure en vue de satisfaire à ces principes en conditions de conception maximales pour les différents modes d'exploitation possibles de l'unité auto-élévatrice. Ces renseignements sont basés sur le type particulier d'unité que nous avons mis au point, la plate-forme auto-élévatrice à trois jambes en treillis triangulaire et à semelles indépendantes, dont l'élévation est réalisée par pignon et crémaillère. La figure 4 montre la configuration type d'une unité de notre série L-780. Plus de vingt-cinq unités de cette série ont été construites depuis 1980.

Unité en position élevée

Lorsque l'unité est complètement relevée, les principaux facteurs agissant sur la structure sont les forces horizontales du vent, de la houle et du courant ainsi que le poids exercé par la partie supérieure comprenant la coque, l'équipement et les approvisionnements. On peut se représenter la configuration globale comme un portique supporté par le fond de l'océan et qu'il faut solidifier dans une certaine mesure aux points de raccordement jambe-coque afin de maintenir la stabilité structurale (figure 5).

En ce qui concerne la création de forces horizontales pour un ensemble de facteurs environnementaux donné, on peut d'abord remarquer que les méthodes de calcul des forces du vent ont été suffisamment confirmées par des essais effectués en soufflerie sur des éléments de coques et de jambes ainsi que sur la structure complète, à ce point qu'il y a peu de place pour la controverse. Cependant, il n'en est pas ainsi pour les forces des vagues et du courant dont les effets combinés deviennent la force prédominante dans des conditions de mer plus hostiles et dans les eaux profondes.

La théorie généralement requise pour les forces des vagues et du courant a été celle des vagues bidimensionnelles régulières, de hauteur finie, en eau peu profonde, du type de la 5^e fonction de Stokes ou fonction de courant, en vue de déterminer les vitesses des particules des vagues auxquelles on ajoute la vitesse du courant (tout à fait aléatoire!), et les forces exercées sur les jambes sont déterminées en fonction de la combinaison de la vitesse et des coefficients de traînée «établis convenablement» pour les éléments des jambes. Tant que les premières opérations avec des plates-formes auto-élévatrices étaient effectuées en eau relativement peu profonde avec une cambrure de la houle et des marées de tempête importantes, cette approche était la seule raisonnable. On a continué d'appliquer cette approche jusqu'à des profondeurs de 300 pieds et plus, mais à ce niveau, on doute fortement qu'elle donne une représentation précise.

Soit parce que cette approche est prudente, soit parce que tous les facteurs environnementaux théoriques n'ont jamais été considérés collectivement dans les essais, le fait qu'il y ait eu un minimum de preuve de pertes dans cette façon de procéder a conduit à un certain relâchement des exigences par plusieurs organismes. Par exemple, dans l'utilisation de cette théorie, un organisme admet un coefficient de traînée de jambe inférieur et un autre accepte des contraintes de jambe calculées s'approchant de la limite élastique du matériau. Nous considérons comme suffisant que nos coefficients de traînée et nos contraintes calculées soient du bon ordre de grandeur et considérons que la prudence des calculs offre une marge de protection contre les événements fâcheux ou les erreurs de construction qui seraient passées inaperçues.

Cependant, pour les profondeurs d'eau dépassant 300 pieds, il est nécessaire de faire une évaluation plus réaliste des effets des vagues et du courant. Lorsque les jambes sont plus longues, la période d'oscillation naturelle de l'unité tend à devenir en harmonie avec les périodes des vagues et la mer elle-même est plus caractéristique du comportement irrégulier en eau profonde. Il faut évaluer ces considérations pour ce qu'elles sont et non en fonction des anciennes règles d'acceptation.

Ce domaine est encore peu exploré, et pour être en mesure de déterminer adéquatement les charges imposées à l'unité, il est essentiel d'effectuer de la recherche et des essais en bassin à l'aide de bons modèles d'unités élevées dans des profondeurs d'eau dépassant 300 pieds, dans des conditions de mer réalistes.

Revenons à la structure elle-même. Nous constatons que la zone la plus critique et soumise aux plus fortes charges est le raccord jambe-coque, où des moments importants doivent être absorbés sur une distance relativement courte. Ainsi, dans la plupart des types d'unités, où la charge verticale est supportée par les pignons du système élévateur, les moments des noeuds sont absorbés dans des réactions horizontales élevées aux guides des jambes au voisinage du fond et du pont principal de la coque. Ces réactions produisent des charges axiales importantes dans les croisillons des jambes à l'intérieur de la zone de support, et éventuellement des distorsions de la membrure des jambes et des rotations des noeuds des jambes (figure 6).

Pour le type de plate-forme auto-élévatrice à jambes indépendantes, à différentes profondeurs d'eau ou pour différentes pénétrations des jambes dans des sols différents, ou les deux, presque tous les croisillons peuvent être soumis à ces charges de noeud élevées, à un moment ou un autre, et

ils doivent tous être dimensionnés en fonction de ces charges maximales.

Afin de réduire cette utilisation excessive de l'acier, avec le plus grand poids de jambe qui en résulte, notre société a mis au point le système «Rack Chock» de raccordement jambe-coque, dans lequel presque toute la charge de réaction de moment est absorbée verticalement par l'intermédiaire des membrures des jambes, supportées par les cloisons de la coque entourant l'ouverture des jambes, avec une réaction horizontale minimale, sauf pour la charge de cisaillement de la force du vent seule. De plus, il n'y a pas de «rotation du noeud» due aux jeux du système à pignon et crémaillère lorsque le support est assuré par le système élévateur, et ainsi le déplacement latéral sous l'effet de la charge environnementale est réduit, tout comme la flexion secondaire résultante des jambes.

On peut remarquer une autre caractéristique de notre modèle de jambe. Comme le montre la figure 6, nous utilisons le noeud de contreventement à recouvrement au «K» et à l'intersection de membrure. Cette construction est plus coûteuse et elle demande plus de soin lors de l'assemblage et du soudage, comparativement au joint ouvert type avec ou sans support, mais elle est de beaucoup préférable en raison de sa grande résistance et de ses concentrations de contraintes minimales.

On donne une description plus détaillée de nos considérations relatives au modèle de jambe et au support de coque dans le document présenté à Calgary, en juin 1983, à l'occasion du séminaire sur la gestion de la sécurité dans les opérations offshore au large de la côte est du Canada (Université Memorial de Terre-Neuve).

Les exigences de structure concernant la coque touchent les mêmes aspects que dans le cas de la coque en caisson supérieure d'une semi-submersible, qu'on a décrits précédemment. Étant donné qu'ils constituent la poutre supérieure d'un portique, avec des charges d'extrémité et des moments élevés, les échantillons de coque ne peuvent pas être déterminés simplement par la technique de flexion d'une unité classique; il faut pleinement tenir compte de toutes les charges spécifiques en utilisant une méthode d'analyse détaillée par éléments finis. Il faut porter une attention particulière aux zones de support des jambes qui sont soumises à des charges élevées pour bien tenir compte des concentrations des contraintes et de l'évaluation de la fatigue (en mode déplacement et en mode élévation).

De plus, il faut considérer soigneusement la résistance de la poutre-coque dans la transmission des charges entre les jambes afin de s'assurer que sa continuité n'est pas sacrifiée à la nécessité (ou la commodité) des panneaux, évents et arcades qui semblent proliférer pendant la construction et aussi pendant l'exploitation. Nous pouvons voir sur le plan simplifié de la figure 7 que le trajet principal de la charge a tendance à suivre les cloisons longitudinales qui soutiennent la charge de forage en porte-à-faux. Cette zone risque cependant de présenter de nombreuses découpures de pont et de cloison. Nous effectuons par conséquent des analyses par éléments finis pour deux modèles de structure différents: d'abord une analyse d'une structure entièrement intacte comprenant des ouvertures importantes désignées, en vue de déterminer le trajet probable (ou du moins initial) de la charge et les contraintes; en second lieu, une analyse pour laquelle les cloisons longitudinales principales ont été rendues discontinues (par l'élimination d'une travée par cloison) de façon que le trajet principal de la charge soit sur la périphérie de l'unité, ces zones étant les ballasts latéraux qui ne risquent pas de présenter de grandes ouvertures et qui sont par conséquent considérés intacts.

Contact sur le fond et préchargement

La plupart des dommages accidentels subis par une plate-forme auto-élévatrice se produisent à l'installation (et aussi au départ) entre le moment où les jambes touchent le fond et le moment où la plate-forme est en position élevée, le préchargement pouvant alors s'effectuer (et aussi lorsqu'on essaie de remonter les jambes enfoncées, la coque étant en flottaison).

Le contact sur le fond est une situation assez difficilement contrôlable dans toute grande mer. Les mouvements de l'unité lorsque la coque est en flottaison peuvent occasionner des dommages aux jambes et aux supports des jambes par suite du râclement des jambes sur le fond (roulis et tangage) ou à un impact violent (pilonnement, avec roulis ou tangage), ou aux deux. On a proposé des mesures en vue d'atténuer ces problèmes, par exemple les installations «Slo-Rol» qui réduisent le roulis et le tangage et les amortisseurs résilients qui ont été mis au point en vue de réduire l'impact de pilonnement. Cependant, les exploitants ont manifesté peu d'enthousiasme pour l'utilisation de ces options, quelles que soient les raisons d'économie ou d'exploitation, et on a encore tendance à chercher la fenêtre de conditions météorologiques qui permet d'effectuer ces opérations sans danger et sans changer la configuration des unités. Généralement, la présence ou l'absence de dommages est une question d'expérience et de chance. Dans les instructions générales, on recommande de ne pas effectuer ces opérations dans des mers dépassant environ six pieds (aucune garantie).

Le préchargement s'effectue lorsque la coque est à distance minimale au-dessus de la perturbation de vague, toutes les citernes de ballastage étant remplies, afin d'exercer sur le sol une force correspondant à la force portante maximale prévisible sous l'effet des charges environnementales prescrites. Souvent, on constate que le sol n'est pas assez résistant et ne peut plus supporter l'unité; celle-ci gîte alors et les jambes sont endommagées. On a mis au point une méthode pour évaluer les possibilités d'endommagement des jambes en fonction de différentes hypothèses de poinçonnement, de différentes profondeurs d'eau, etc.; cette méthode est présentée dans notre exposé (référence 5).

Le départ d'un emplacement est une autre situation dangereuse, on abaisse alors la coque en position de flottaison et on essaie de remonter les jambes. Lorsque les jambes sont enfoncées profondément, ces opérations peuvent prendre beaucoup de temps, et lorsque les forces des vagues et du courant provoquent une oscillation importante de la coque, les jambes peuvent être endommagées.

Toutes ces situations d'endommagement restent courantes, jusqu'à un point où l'élément chance peut être plus important que le jugement fondé sur l'expérience. Heureusement, les dommages qui risquent de se produire touchent des éléments de structure (surtout les jambes) qui peuvent assez facilement être réparés, et les risques de blessures ou de pertes de vie dans ces circonstances ne sont pas grands.

On peut remarquer que dans les incidents produisant des dommages aux jambes, le noeud à recouvrement utilisé pour les croisillons des jambes dans notre modèle n'a pas présenté de défaillance ni même de fissure, malgré le flambement ou la rupture des croisillons, ce qui accroît notre confiance en sa supériorité.

Déplacement

Les désastres les plus importants, qui se sont traduits par des pertes de vie et le naufrage de la plate-forme, se sont produits pendant le déplacement, la coque étant alors en flottaison et les jambes totalement ou partiellement relevées. Certains des premiers désastres ont pu être reliés à l'absence de stabilité de base, à la fissuration de la structure de la coque dans la zone de support des jambes (l'inondation des zones adjacentes n'ayant pu être enrayée) ou à un manque dans la fixation des jambes qui a entraîné leur rupture. Depuis, on a analysé la plupart de ces situations et on les a réglées en établissant des règlements et

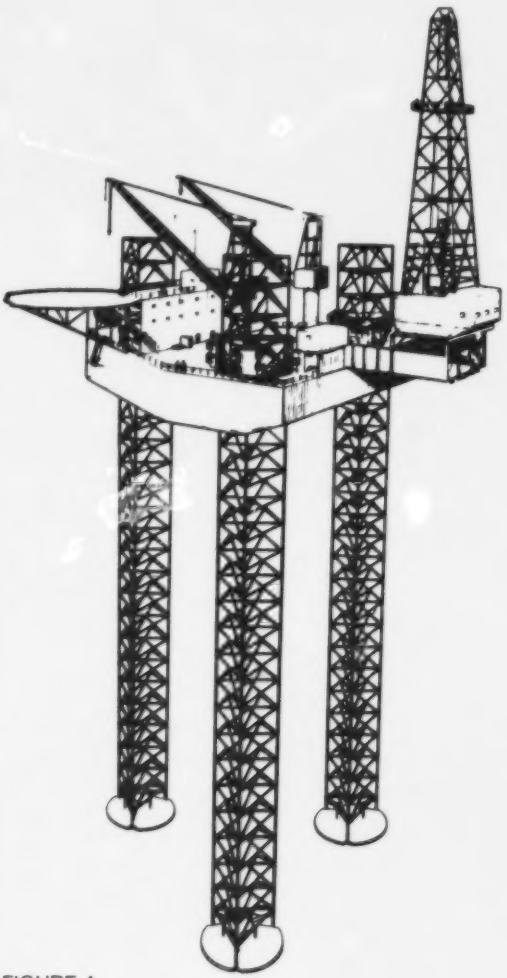


FIGURE 4

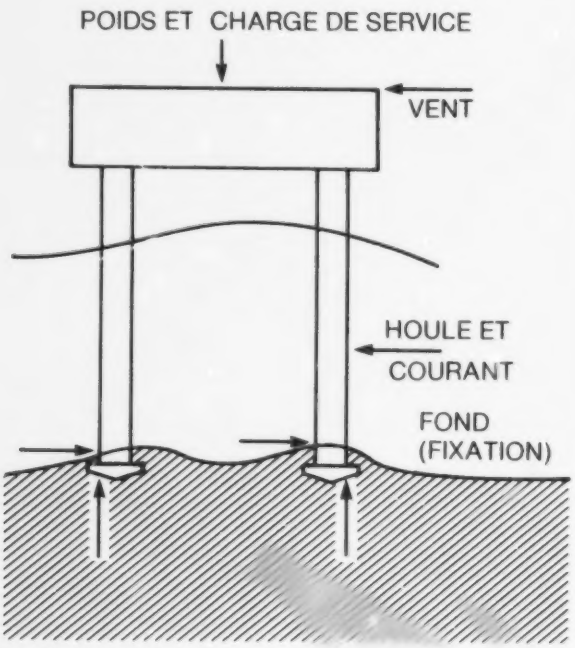


FIGURE 5

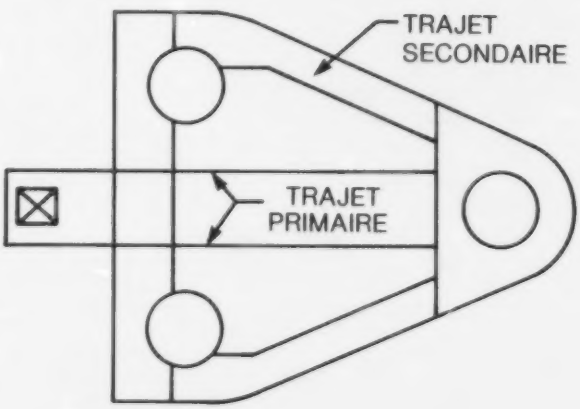


FIGURE 7

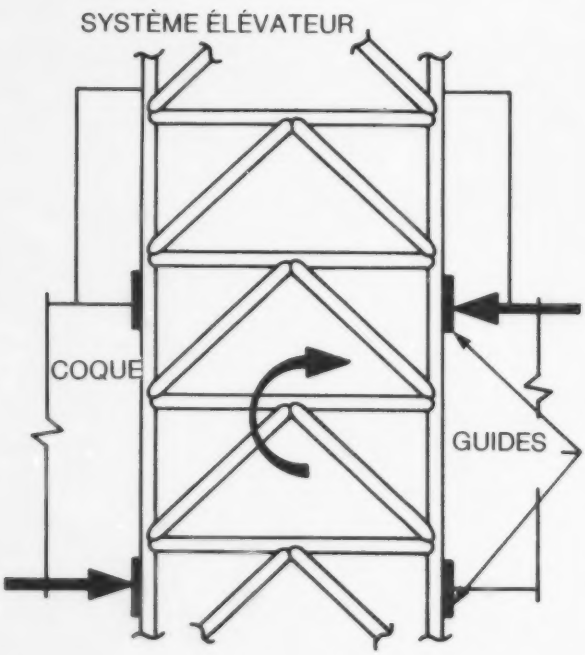


FIGURE 6

des exigences concernant les déplacements. La situation reste cependant précaire en ce qui concerne la flexion importante des jambes et les charges élevées de support des jambes dans des mers qui peuvent donner lieu à des mouvements fâcheux de roulis et de tangage.

D'après les essais sur modèle de nos unités L-780 en flottaison avec leurs jambes complètement relevées, pour une plage de mers très agitées, les forces et les moments maximaux au point de raccordement jambe-coque sont très voisins des critères ABS: 15 degrés, accélération du roulis/tangage de 10 secondes (en conséquence inférieurs aux critères de Noble, Denton: 20 degrés, 10 secondes). Il faut faire une analyse plus poussée en vue de déterminer si les limites applicables à la longueur des jambes ou aux routes suivies, ou aux deux, sont nécessaires en raison des considérations de fatigue de contrainte élevée pour un petit nombre de cycles, qui peuvent causer la rupture des jambes ou la fissuration de la coque. Plusieurs des principaux organismes de réglementation commencent à étudier cette situation, mais aucune méthode définitive n'a encore été établie.

On peut remarquer qu'aujourd'hui la plupart des grands déplacements s'effectuent par «remorquage à sec», l'unité auto-élévatrice étant transportée à bord d'un navire spécial ou d'une barge en forme de navire, afin de réduire le temps passé en mer. Il existe des conditions similaires relatives au roulis et au tangage, selon les caractéristiques de l'unité, ainsi que des éléments de fardage et des garnitures appropriées en vue de réduire les dommages à la coque en présence de conditions de mer extrêmes. Il n'appartient pas au concepteur de plates-formes de réglementer ces opérations, et les détails concernant ce mode dépassent la portée du présent exposé. Quoi qu'il en soit, l'unité doit tôt ou tard flotter d'elle-même et être soumise aux exigences décrites précédemment (et ci-dessous).

Tenue en mer et stabilité, en flottaison

Les critères de résistance des jambes sont assez bien définis pour les déplacements, la coque étant en flottaison dans un environnement hostile, mais les nombreux organismes de réglementation semblent peu reconnaître que la plate-forme auto-élévatrice en flottaison est un navire ayant une mauvaise tenue en mer et exposé à des conditions d'endommagement qui peuvent causer des désastres plus fréquemment que la rupture des jambes.

Avec ses lourdes jambes d'une grande hauteur (que celles-ci soient relevées ou abaissées), l'unité a un moment d'inertie important et elle répond paresseusement aux vagues incidentes; il en résulte qu'à l'occasion de gros coups de mer, l'eau monte sur le pont. Ce phénomène s'est produit souvent dans le cas d'unités en exploitation et est très évident dans les essais sur modèles réalisés dans un environnement hostile. Il n'est pas certain que les exigences normales relatives au bordé et aux pièces de renfort des devants de roufs de barge soient suffisantes et que ces éléments soient disposés convenablement pour supporter les fortes pressions d'impact qui risquent d'être créées.

De plus, il faut accorder une plus grande attention à la résistance, à la hauteur et à l'emplacement des évents et des trop-pleins des espaces au-dessous du pont, non seulement en vue de supporter les forces exercées mais pour offrir une protection contre l'inondation. À cet égard, les exigences de stabilité considérées normalement (que la structure soit intacte ou endommagée), basées sur un facteur de renversement au vent qui incline l'unité en eau calme, n'englobent pas la situation des coups de mer qui envahissent le pont.

EFFETS DES CONSIDÉRATIONS DE RISQUE ET DE SÉCURITÉ SUR LA CONCEPTION OFFSHORE

On ne devrait pas s'étonner du fait qu'on n'utilise pas l'analyse de risque en bonne et due forme en vue de mettre au point nos modèles offshore ni en vue de justifier leur acceptation. Nous n'essayons pas d'attribuer des facteurs de probabilité à l'environnement, aux opérations ou aux accidents, ni d'établir des niveaux de confiance pour la résistance et le comportement des matériaux et des soudures, ni enfin d'utiliser quelque indice industriel pour les pertes de vies ou de biens acceptables. Ces considérations ne sont pas de notre ressort, ni de notre responsabilité ni de nos droits.

Ce sont les organismes de réglementation qui doivent établir ces critères, codes et jugements sur lesquels nous devons nous baser pour construire nos modèles et vérifier leur validité. Que ces organismes soient des organismes gouvernementaux, des bureaux de classification ou des compagnies d'assurances, et quelles que soient leurs façons d'établir leurs exigences, le concepteur a ensuite l'obligation de s'y conformer.

Nous tenons compte bien sûr de la question de risque et de sécurité dans nos modèles, et nous l'avons toujours fait. Cependant, notre approche a été une évaluation qualitative basée sur l'expérience acquise dans le domaine maritime au cours des années et sur nos connaissances relatives aux opérations de forage offshore. Sur ce plan, nos méthodes, ainsi que celles d'autres concepteurs responsables et propriétaires et exploitants de plates-formes, se reflètent pour une grande part dans les règles et règlements qui existent aujourd'hui partout à travers le monde, et nous continuons d'apporter, aux divers organismes de réglementation, une contribution vitale en vue des considérations futures, en tant que membres de comités et de commissions consultatives.

À cet égard, on peut remarquer que les méthodes de conception que nous approuvons n'ont pas toutes été acceptées en tant qu'exigences nécessaires par les organismes de réglementation et, inversement, que les exigences qui selon nous nécessitent une révision ne sont pas réévaluées, comme on pourrait le déduire de notre argumentation dans les premières parties du présent exposé.

Notre approche de la question du risque et de la sécurité est plutôt simpliste. Nous nous posons la question suivante: «Qu'arriverait-il si. . .», «si» étant le mot clé. Lorsqu'un événement involontaire est plausible et qu'il peut créer une situation précaire, nous essayons de répondre à une autre question: «Que peut-on faire pour prévenir une grande catastrophe?». Quelques exemples illustreront cette approche:

1. «Si un ravitailleur ou un autre objet frappe et endommage un caisson d'une semi-submersible.» Cette situation est plausible et se produit assez souvent, et peut causer une inondation non maîtrisée et une perte de stabilité. Pour parer à cette éventualité, nous exigeons une compartimentation afin de limiter l'inondation et de maintenir la stabilité sous un angle de gîte acceptable, à partir duquel on peut rapidement adopter des mesures pour ramener l'unité à sa position initiale. On peut remarquer que cette mesure a été l'une des premières considérations de sécurité intégrées aux règles de l'ABS de 1968 et qu'elle a représenté la première exigence de stabilité d'endommagement pour toute unité autre qu'un navire à passagers.
2. «Si un caisson d'une semi-submersible perd complètement sa flottabilité.» Arrêtons-nous au «si». Il est impossible qu'un navire (ou un iceberg?) puisse sectionner un caisson sans que le reste de la structure perde une partie de sa flottabilité et de son intégrité; de plus, il n'y a aucune autre éventualité que nous puissions évoquer à cet égard. Il y a eu des pertes de caissons dans plusieurs désastres, mais ces pertes ont été occasionnées par des ruptures d'éléments de soutien, et cette situation a été envisagée dans d'autres «si».
3. «Si un ravitailleur ou un autre objet frappe et endommage une jambe d'une plate-forme auto-élévatrice.» Cette situation est plausible, elle s'est produite, mais pas

très souvent car les exploitants de navires ont appris à l'éviter à tout prix (à leurs dépens). De toute façon, elle est assez probable pour qu'il soit nécessaire de tenir compte de la résistance dans les membrures et les croisillons en vue de maintenir l'intégrité des jambes en cas d'accident de ce genre.

4. «Si un gros navire (ou un iceberg?) frappe et fait s'effondrer une jambe d'une plate-forme auto-élévatrice.» Cette situation est plausible, même si elle a une probabilité extrêmement faible (elle ne s'est jamais produite), et elle occasionnerait l'effondrement de l'unité entière. Il n'y a aucune solution pour les unités à trois (ou quatre) jambes indépendantes actuelles.

Aussi simpliste que soit cette approche, elle est à peu près la seule que nous puissions adopter pour l'instant. C'est seulement lorsque nous disposerons de données statistiques suffisantes sur un assez grand nombre de catastrophes du même genre touchant des unités similaires dans des conditions similaires que nous pourrons commencer à établir une méthode fiable d'analyse du risque. Avec l'aide de la divine Providence, nous accroîtrons peut-être nos connaissances et notre sagesse, en vue de construire des unités offshore de plus grandes sûreté et fiabilité, à un point tel que l'accumulation des données statistiques susmentionnées ne sera peut-être jamais réalisable, faute d'incidents.

Bibliographie

(1) W.H. Michel «Synthesis – Floating Offshore Platforms – Problems and Prescriptions, From Design to Inspection» Design – Inspection – Redundancy Symposium, Ship Structure Committee, Novembre 1983.

(2) Numata, Michel et McClure «Assessment of Stability Requirements for Semi-Submersible Units» SNAME Transactions, 1976.

(3) «Strength Analysis of Main Structures of Self-Elevating Units» Det norske Veritas, note de classification 31.5, juillet 1983

(4) John O'R. Breeden of Friede & Goldman, Ltd. «Safety Management of Offshore Operations on the Canadian East Coast – Drilling Structures – Design and Construction I». Université Memorial de Terre-Neuve, Calgary, juin 1983.

(5) S. Sengupta and John O'R. Breeden of Friede & Goldman, Ltd. «A Method for Punch Through Proof Design for Independent Leg Jack-Ups» Gulf/Texas SNAME Section Meeting, 22 avril, 1983

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT C1

T. Haavie
Directeur général
Génie sous-marin

M. Michel a présenté un exposé très intéressant qui me rappelle, à certains égards, des décisions que j'ai dû prendre dans des circonstances identiques, au fil des ans. Dans la plupart des cas, je partage ses vues. Toutefois, ma contribution ne serait guère utile si je me bornais à reprendre chacun des points de son exposé pour manifester mon accord. Aussi, vais-je tenter au cours des quelques minutes dont je dispose d'exprimer un point de vue différent sur certaines questions et aussi d'apporter quelques éléments nouveaux.

STRUCTURES (SEMI-SUBMERSIBLES) CONSIDÉRATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL

J'aimerais aborder sous un nouvel angle la question de la configuration d'ensemble des unités semi-submersibles. Depuis que les installations de ce genre existent, on a conçu et construit des plates-formes à deux pontons et à quatre, six ou huit colonnes. À cet égard, voici l'argumentation qu'on pourrait présenter:

1. Plus les exigences relatives à la charge utile en pontée sont élevées, plus les dimensions des unités doivent être imposantes.
2. Plus les unités sont de dimensions imposantes, plus les points d'appui des ponts et des superstructures doivent être nombreux pour limiter le poids de la structure des ponts au minimum.
3. Des colonnes et des poutres verticales peuvent constituer les points d'appui.
4. Les poutres verticales sont des éléments exposés aux chocs qui n'ajoutent guère à la stabilité de l'unité. Par contre, elles ont un poids relativement peu élevé et constituent des éléments de raidissage efficaces.
5. Il est bien connu que les raccordements entre les poutres et les colonnes des installations semi-submersibles sont susceptibles de poser des problèmes.
6. Essentiellement, les poutres horizontales attachent les socles des colonnes ou les pontons ensemble de façon à former des charpentes fermées. Leur présence réduit les moments de flexion dans la structure des ponts. Ces poutres transversales ont un centre de gravité peu élevé et le fait de les incorporer à la structure des ponts permet en général d'alléger celle-ci. À mon avis, il s'agit là d'éléments très utiles. Ils sont, bien entendu, de bonne dimension et sont exposés aux charges dynamiques, voire au martèlement par endroits, lorsque l'installation est en transit par mer houleuse. Les poutres diagonales sur plans horizontaux sont généralement destinées à contrer le désalignement longitudinal des pontons. On les appelle souvent «poutres de cisaillement» parce qu'elles absorbent la tension de cisaillement qui s'exercerait autrement sur la structure des ponts. J'estime que ces poutres constituent un atout lorsque l'installation semi-submersible est de dimensions relativement imposantes et, particulièrement, lorsque la structure du pont est «élancée».
7. S'il est bien conçu, un coffret de pont plein constitue un élément de structure solide entre les sommets des colonnes. Il est possible, voire essentiel, de prévoir un bon raccordement entre le sommet des colonnes et l'ensemble des cloisons et poutres du coffret de pont. Le coffret de pont plein et étanche présente les avantages suivants:
   - Il assure une flottabilité précieuse en cas d'avarie.
   - Compte tenu de sa résistance inhérente au cisaillement et à la flexion, il est possible d'éliminer des poutres diagonales à la verticale sur les plans longitudinaux.

Ainsi, dans le cas des petites unités semi-submersibles, on enlèverait les poutres de cisaillement diagonales à l'horizontale près du niveau des pontons et dans le cas de certaines grandes installations, les poutres diagonales à la verticale sur les plans transversaux. En d'autres termes, le concepteur peut se permettre d'élaborer une plate-forme semi-submersible légère comportant un minimum d'éléments exposés aux chocs au niveau des eaux.

À notre avis, le coffret de pont étanche offre une protection des plus sûres contre les risques de chavirement et d'enfoncement.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA STABILITÉ (SEMI-SUBMERSIBLES)

On pourrait aussi s'en tenir essentiellement à la géométrie navale. Que l'installation semi-submersible soit dotée ou non d'un coffret de pont étanche, sa stabilité en cas d'avarie est, dans une large mesure, fonction du nombre de colonnes prévu. Prenons l'exemple de la perte de flottabilité d'une colonne, au tirant d'eau maximum en exploitation, et ce, pour trois unités semi-submersibles différentes, et voyons comment chacune se comportera. Signalons tout d'abord que, si les trois unités semi-submersibles sont différentes (huit colonnes, six colonnes et quatre colonnes) mais que leur poids, la répartition de leur poids, leur déplacement et la hauteur de leurs colonnes sont les mêmes, l'inondation d'une des colonnes se traduira par un angle d'équilibre, dont l'ouverture est plus grande dans le cas de l'unité à quatre colonnes, et

plus petite, dans celui de l'unité à huit colonnes. Toutefois, la modification de la hauteur des colonnes, en supposant que les trois unités soient dotées d'un coffret de pont étanche, peut influer considérablement sur les résultats.

1. Unité de forage PO99 – 8 colonnes. Une colonne inondée au tirant d'eau en exploitation Angle d'inclinaison ou d'assiette: environ 20 degrés
2. MSV Stadive – 6 colonnes. Une colonne inondée au tirant d'eau en exploitation Angle d'inclinaison ou d'assiette: environ 18 degrés
3. Modèle P007 – 4 colonnes. Une colonne inondée au tirant d'eau en exploitation Angle d'inclinaison ou d'assiette: environ 16 degrés

Comme on peut le constater, le coffret de pont étanche et la correction de la hauteur des colonnes permettent d'obtenir des angles d'inclinaison relativement petits, même dans le cas d'une unité à quatre colonnes dont l'une serait gravement endommagée. On pourrait même mettre des embarcations de sauvetage à l'eau, pourvu que la mer ne soit pas trop houleuse. Cependant, s'il s'agit d'une structure aux dimensions imposantes, les unités à quatre colonnes accuseront alors un angle d'inclinaison et d'assiette pouvant facilement atteindre entre 27 et 35 degrés.

HAUTEURS MÉTACENTRIQUES (SEMI-SUBMERSIBLES)

À notre avis, les hauteurs métacentriques minimales actuellement proposées par les organismes de réglementation ne sont pas assez rigoureuses. On trouvera ci-dessous certaines des raisons pour lesquelles nous croyons que les hauteurs métacentriques établies à l'égard d'une unité semi-submersible, quelles que soient les conditions, devraient être supérieures à 1,5 m. Il est bien connu qu'on constate parfois sur les plates-formes semi-submersibles la présence de charges de 200 à 400 tonnes dont on ignore l'origine. Les spéculations quant à la provenance de cet écart inexplicable entre le déplacement calculé à partir du poids lège, de la charge en pontée, des eaux de ballast, du mazout, des biens consomptibles, etc., et le déplacement hydrostatique calculé à partir des lectures du tirant d'eau portent principalement sur l'accroissement du poids et la présence d'articles non identifiés à bord. Il ne fait aucun doute que ces charges contribuent en partie à l'écart susmentionné, mais d'autres facteurs tout aussi importants peuvent entrer en ligne de compte.

1. La compression des coques inférieures due à une augmentation du tirant d'eau (qui réduit la flottabilité et fausse, par conséquent, l'estimation du volume des eaux de ballast nécessaire pour obtenir un tirant d'eau donné; c'est-à-dire qu'elle donne l'impression fausse que la valeur KC est inférieure à la valeur réelle et mène à une surestimation de la hauteur métacentrique). Des calculs appliqués à l'effet de compression s'exerçant sur les coques inférieures ont révélé que la déviation des bordés (partie centrale) des pontons de l'*Ocean Ranger* étaient de l'ordre de 1 mm et que la déviation des panneaux des pontons, entre les âmes, était d'environ 0,2 mm (ces deux valeurs ont été déterminées en fonction de la pression hydrostatique à une profondeur d'environ 20 mètres). On estime que cet effet de compression, conjugué à l'effet de soudage (contrainte résiduelle résultant du soudage), peut avoir entraîné une contraction de l'ordre de 40 à 50 tonnes au tirant d'eau le plus élevé. Dans le cas d'une installation de l'envergure de l'*Ocean Ranger*, cette contraction n'a qu'une influence minime sur la hauteur métacentrique. Cependant, dans celui d'installations semi-submersibles plus petites qui seraient dotées de plaques plus minces mais auraient à peu près les mêmes écartements et le même tirant d'eau, l'effet pourrait être plus radical, et même avoir des conséquences graves. Aussi faut-il en tenir compte et prévoir une marge dans le calcul des hauteurs métacentriques minimales pour les unités de forage semi-submersibles.
2. L'imprécision du sondage, même par mer calme, lorsqu'on croit que les réservoirs sont vides ou qu'ils sont pleins. Il semble que l'imprécision du sondage des réservoirs ait également de lourdes répercussions sur l'exactitude des résultats des essais d'inclinaison. On le constate aisément dans le cas de l'*Ocean Ranger*, où une marge de plus ou moins cinq pour cent dans l'estimation du contenu d'un réservoir plein peut représenter un écart de poids de quelque 600 tonnes. Afin de mieux contrôler pareilles erreurs et, éventuellement, d'en réduire la fréquence, il serait bon de procéder à des essais d'inclinaison en fonction d'au moins deux tirants d'eau différents (avec un écart marqué entre les contenus des réservoirs) et d'effectuer également un essai supplémentaire sur le rapport déplacement/tirant d'eau en fonction du tirant d'eau des pontons, car les effets susmentionnés pourraient, même avant livraison de l'installation, fausser les calculs qui serviront ultérieurement à l'estimation de la valeur KG et de la hauteur métacentrique.

En phase d'exploitation, d'autres erreurs surviendront inévitablement qui justifient l'établissement d'une marge raisonnable à l'égard de la hauteur métacentrique.

1. Le caractère incertain de toute estima-

tion du poids de la charge en pontée à bord d'une installation de forage semi-submersible en exploitation;
2. L'imprécision du sondage des réservoirs, en particulier pendant les déplacements où l'installation accuse normalement une légère inclinaison;
3. Le fait que de nombreux opérateurs de la salle de contrôle des ballasts n'aiment pas remplir les réservoirs «à ras bords», considérant plutôt que ceux-ci sont pleins lorsque les jauges l'indiquent; il en résulte souvent des poches d'air d'un volume considérable. On ne saurait mieux illustrer ce fait qu'en prenant pour exemple le contenu d'un réservoir de 10 mètres sur 14: s'il y a un écart de 0,3 mètre entre le niveau des eaux de ballast et le haut du réservoir, et qu'on présume que celui-ci est plein, cette erreur d'estimation sera équivalente à un poids d'à peu près 45 tonnes, ce qui représente environ quatre pour cent du volume du réservoir. Le fait que le sondage d'un réservoir «plein» donne habituellement des résultats différents après quelques minutes (effet de «décantation») ajoute également à l'incertitude.

Par conséquent, si la hauteur métacentrique d'une installation semi-submersible a été établie, par exemple, à 1,5 mètre, il est fort possible qu'elle soit en réalité de 0,5 à 1 mètre. On connaît bien, aujourd'hui, les dangers de hauteurs métacentriques aussi faibles et, outre le fait qu'elle ne répondrait pas effectivement aux exigences actuelles, l'installation serait exposée aux risques suivants:
1. Le phénomène dû à la houle, qui est plus marquée à faible hauteur métacentrique et peut se traduire par un angle d'inclinaison considérable;
2. La réduction possible de la hauteur métacentrique en position statique par suite d'effets dynamiques;
3. La variation des moments d'inclinaison qui résulte des changements de vitesse et de direction du vent et qui nécessite le recours fréquent au système de ballasts.

OBSERVATIONS FINALES

On pourrait alléguer que l'exigence du NMD quant à la stabilité après avarie en cas de perte de flottabilité d'une colonne entière est aussi absurde que le fait de demander à un concepteur d'avion d'imaginer un appareil qui puisse voler même après avoir perdu une de ses ailes. Toutefois, nous sommes d'avis que l'idée de prévoir une marge de flottabilité est une proposition valable, à condition qu'on évite d'établir un rapport entre un tel critère et toute forme de dommage réel résultant d'un impact violent; autrement, les considérations relatives à la force de l'impact pourraient mener à des calculs beaucoup trop complexes, sélectifs et peu réalistes.

Le critère de la marge de flottabilité doit demeurer un critère «de réserve» et entrer en ligne de compte dans l'élaboration de tout plan, en guise de protection supplémentaire dans l'éventualité peu probable de dommages qui résulteraient de causes naturelles ou d'une collision avec des rochers, des récifs ou encore d'autres installations d'envergure, flottantes ou fixes. Habituellement, on estime que ces accidents sont si peu probables qu'ils ne se produiront pas. Il conviendrait peut-être de comparer cette improbabilité à celle d'une collision entre deux avions et de se rappeler, à ce propos, la collision fatale entre deux appareils au sol survenue à l'aéroport de Ténérife, il y a quelques années.

La spécification du «volume d'une colonne depuis le pont inférieur jusqu'au haut du ponton» semble également constituer un bon moyen de mesurer la marge de flottabilité. Le fait d'exprimer la marge de flottabilité en fonction du volume d'une colonne et non, par exemple, en pourcentage du volume de déplacement total comporte les avantages suivants:
1. Cela empêche les experts de concevoir des installations semi-submersibles à quatre colonnes (ou moins), et, lorsqu'ils le font, ils prennent toutes les précautions pour minimiser les conséquences de la perte de l'un des éléments, déjà peu nombreux, qui constituent les principaux points d'appui de la structure et en assurent la stabilité. Les installations à six colonnes ou plus présentent un net avantage en ce qui a trait à la stabilité après avarie, car les conséquences de dommages majeurs subis par les éléments les plus exposés (c'est-à-dire les colonnes et les entretoises verticales) d'une installation semi-submersible décroissent avec l'augmentation du nombre de ces éléments.
2. Les colonnes d'angle constituent les parties d'une unité semi-submersible où la perte de flottabilité est la plus néfaste. Par conséquent, le critère fondé sur l'hypothèse d'«une colonne inondée» amène également un déséquilibre de moment que la flottabilité doit contrer.
3. Le fait de définir la marge de flottabilité comme équivalant au volume d'une colonne depuis le pont inférieur jusqu'au sommet du ponton constitue un critère simple, clair et incontestable qui ne peut faire l'objet d'une mauvaise interprétation. En outre, il est démontré que la plupart des installations semi-submersibles de conception équilibrée peuvent se prêter à l'application de ce critère.

Toutefois, à l'exemple de M. Michel, je mets en doute la validité du «chiffre magique» de 35 degrés.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT C1

W. Martinovich
Vice-président exécutif
Earl & Wright

L'exposé de M. Michel nous fournit un excellent aperçu des principes de conception et des méthodes mis en pratique par la firme Friede and Goldman en vue d'assurer la sécurité des opérations en mer. Je suis d'accord, en général, avec la plupart des opinions émises par l'auteur. À mon avis, la question principale réside dans la cohérence de la démarche mise au point au fil des ans et dans l'application rigoureuse de cette démarche à la conception des MODU.

Il y a bien un certain nombre de points sur lesquels je ne partage pas l'avis de M. Michel, mais ce sont, dans la plupart des cas, des divergences d'opinions professionnelles. En fin de compte, en appliquant nos théories respectives avec cohérence, les firmes que nous représentons produiront un modèle sûr.

J'aimerais formuler quelques observations sur un certain nombre de points, soit parce qu'ils n'ont pas été traités en profondeur en raison de la vaste portée du document, soit parce qu'ils me semblent particulièrement importants et que je souhaite en faire part aux participants à la présente conférence.

SEMI-SUBMERSIBLES

Stabilité à l'état intact

La méthode actuelle de calcul de la stabilité à l'état intact est ridicule. Compte tenu du fait que nous vivons à l'ère de la haute technologie en cette fin de 20e siècle, les règlements actuels sont tout à fait insuffisants. Nous nous acharnons à calculer avec précision les moments de chavirement imputables au vent dans les conditions irréalistes d'une mer calme et d'une installation non amarrée, alors que nous savons pertinemment que les mouvements sont dus à la houle, non au vent, et qu'à l'état intact une plate-forme de forage semi-submersible, comme celles qui sont en usage de nos jours, ne peut chavirer.

La définition de l'envahissement par les hauts et le recours à la flottabilité des ponts pour répondre aux exigences de stabilité sont d'autres lacunes graves des règlements actuels. La plupart des coques supérieures flottables sont étanches en théorie mais non en pratique, les meilleurs exemples nous étant fournis par l'*Ocean Ranger* et l'*Alexander Kielland*. Lorsqu'on les soumet aux exigences de stabilité, on constate que les coques supérieures ne sont généralement pas conçues pour résister aux forces locales attribuables aux vagues et, notamment, au martèlement de la houle.

Pour résumer la question, je crois qu'il est nécessaire d'établir une règle rationnelle en ce qui concerne la stabilité à l'état intact, comme le proposait d'ailleurs le groupe d'experts MS-3 du SNAME dans son communiqué (ci-joint) du 7 mai 1984, de même que des exigences formelles quant à l'étanchéité et réalistes quant à la structure des coques supérieures flottables.[1]

Stabilité après avarie

La stabilité après avarie pose un problème réel en ce qui concerne la définition d'un événement plausible entraînant la perte de la flottabilité. Comme la question est avant tout de nature subjective, on peut trouver autant de critères qu'il existe d'organismes de réglementation. J'espère qu'un jour on parviendra, de par le monde, à un consensus quant aux exigences relatives à la stabilité après avarie. L'angle limite de 15 degrés mentionné dans le document de M. Michel n'est peut-être pas une exigence raisonnable. Chez Earl and Wright, nous croyons qu'une installation qui compte sur un vide suffisant entre le niveau de l'eau et le pont pour assurer sa stabilité après avarie et qui gîte d'un peu plus de 15 degrés est, en soi, plus sûre qu'une installation qui comporte un vide minimum et qui compte sur une coque supérieure à l'étanchéité et à la résistance douteuses pour limiter son angle de gîte. Comme dans le cas des règles relatives à la stabilité à l'état intact, nous mettons en doute le recours aux moments de chavirement imputables au vent pour déterminer les limites de submersion après avarie. Nous sommes d'avis qu'il serait plus raisonnable de prévoir un franc-bord ou un mouvement angulaire, ou encore une marge d'erreur dans la hauteur métacentrique afin d'établir, aux fins de la stabilité après avarie, une ligne de flottaison finale admissible sous le niveau d'envahissement par les hauts. À l'instar de M. Michel, nous nions le bien-fondé du critère de la perte de flottabilité d'une colonne dont font état les règlements de la Norvège. Les concepteurs ingénieux satisfont à cette exigence en s'assurant de la flottabilité des ponts par le recours à une coque supérieure étanche en théorie mais non en pratique et inapte à résister aux forces des vagues. Il en résulte un faux sentiment de sécurité.

UNITÉS AUTO-ÉLÉVATRICES

En ce qui a trait aux unités auto-élévatrices, je partage volontiers les inquiétudes de M. Michel quant à la validité de l'expérience

acquise, au delà de 300 pieds de profondeur. En fait, je suis surpris qu'il n'y ait pas eu plus d'incidents imputables à la rupture par fatigue dans le cas d'unités exploitées en haute mer dont la conception fait abstraction de l'amplification dynamique des mouvements et repose sur des critères de fatigue discutables.

ANALYSE DES RISQUES

En ce qui concerne l'analyse des risques, je suis tout à fait d'accord avec M. Michel et je recommande aux participants à la conférence que le sujet intéresse de lire le document rédigé par M. Ian Burton dans le cadre des études de la partie deux.

STABILITÉ DES SEMI-SUBMERSIBLES À L'ÉTAT INTACT

Communiqué adopté par le groupe d'experts MS-3
(plates-formes mobiles de forage en mer) de la SNAME 7 mai 1984

Le groupe d'experts MS-3 (plates-formes mobiles de forage en mer) de la SNAME s'intéresse aux recherches actuelles sur la stabilité des semi-submersibles à l'état intact et désire formuler plusieurs observations et commentaires à ce sujet. Il est à espérer que ces commentaires seront pris en considération lorsque viendra le temps de définir la portée ou l'orientation de la recherche et de tirer des conclusions. Les observations qui suivent se veulent constructives et reflètent l'opinion d'un groupe représentatif des concepteurs, des exploitants, des propriétaires, des organismes de réglementation et des constructeurs de plates-formes semi-submersibles.

1. Les critères actuels de stabilité des semi-submersibles à l'état intact, qui ont été adoptés par les organismes de réglementation à travers le monde, sont empiriques. Ils ont été élaborés, en effet, à partir de critères établis à l'égard de navires. L'expérience acquise dans l'exploitation des plates-formes semi-submersibles en mer nous permet de mettre en doute la validité ou l'applicabilité absolue de ces critères. On s'attaque maintenant au problème et l'élaboration de critères judicieux, rationnels et pratiques suscite un intérêt sans précédent.

2. Il existe quantité de données à partir desquelles on peut évaluer la stabilité des semi-submersibles à l'état intact. Elles sont le fruit de l'expérience acquise depuis une vingtaine d'années grâce à l'exploitation, à l'essai de modèles et à l'analyse. Lorsqu'il n'y a ni avarie, ni inondation, ni transfert de poids, les statistiques ne révèlent aucune perte attribuable à un manque de stabilité et, à la connaissance du groupe d'experts, les modèles d'essai n'ont jamais chaviré. Cela prouve bien que la stabilité des semi-submersibles modernes à l'état intact est supérieure aux exigences liées à la sécurité des opérations.

3. Cette observation amène les experts à la conclusion qu'aucun critère de stabilité à l'état intact n'est nécessaire dans le cas des installations semi-submersibles modernes, si ce n'est, dans la pratique, celui de la hauteur métacentrique minimale. Cela revient à dire que, si un critère rationnel était formulé et appliqué, n'importe laquelle des installations semi-submersibles actuelles comportant, dans la pratique, une hauteur métacentrique minimale devrait être en mesure d'y satisfaire.

4. Les membres du groupe d'experts s'attendent à ce que les recherches actuelles débouchent sur des conclusions semblables à celles qui sont exposées ci-dessus. Si tel est le cas, la tâche consistant à établir des critères se réduira à déterminer les dimensions limites des semi-submersibles de «configuration normale» et aux caractéristiques normales en ce qui a trait au «bras de levier de redressement», tâche qui ne fait appel, dans la pratique, à aucun critère autre que celui de la hauteur métacentrique minimale.

Souhaitons que les personnes engagées dans la recherche en matière de stabilité des plates-formes semi-submersibles tiennent compte de la possibilité que leurs travaux ne débouchent sur aucun critère plutôt que sur la formulation de nouveaux critères. Il faudrait éviter de présumer que certains critères (autres que celui de la hauteur métacentrique minimale dans la pratique) s'imposent.

A. Broussard
Directeur de la recherche et du développement
Sonat Offshore Drilling

Le document C2 a été rédigé par MM. A.M. Koehler, D.R. Roy et A.A. Broussard. M. Broussard qui a présenté l'exposé au nom des trois auteurs, est titulaire d'une maîtrise en génie civil et travaille pour le compte de Sonat Offshore depuis 1975. Après avoir dirigé divers services de la Sonat, il a été nommé en 1984 directeur de la recherche et du développement. M. Broussard est membre du comité spécial de l'ABS pour les MODU et du comité consultatif du DnV pour la technologie offshore.

DOCUMENT C2

Systèmes critiques et continuité de la responsabilité technique

Nous examinerons dans le présent exposé la conception des sous-systèmes critiques et la place des considérations ergonomiques dans les critères de conception appliqués. Nous montrerons aussi l'importance de garantir la continuité de la responsabilité technique dans les phases successives de la conception, la construction, la certification et l'exploitation des plates-formes de forage. Ces deux aspects seront examinés séparément. L'importante contribution de la continuité technique à la conception des systèmes critiques sera ensuite soulignée.

Le Sonat Offshore Drilling, autrefois The Offshore Company, oeuvre dans le domaine de la conception, de la construction et de l'exploitation d'unités mobiles de forage offshore (MODU) depuis 1954. Au cours de ces trente années, la Sonat a conçu et exploité des plates-formes auto-élévatrices, des navires de forage et des plates-formes semi-submersibles, contribuant ainsi à l'évolution de l'industrie dans le domaine de la conception. Cette participation a inclu l'élaboration de critères et de normes d'exploitation en eaux profondes et en régions éloignées et hostiles. Nous en sommes actuellement à la dernière étape de la conception de deux plates-formes semi-submersibles hivérisées de quatrième génération. Les principes examinés dans le présent exposé sont basés sur ces années d'expérience dans la conception et l'exploitation de MODU que sur les rapports techniques qui ont été préparés pour la Commission royale.

CONCEPTION DES SYSTÈMES CRITIQUES

«Les systèmes critiques» sont les systèmes dont la panne partielle ou totale peut entraîner le naufrage de la MODU ou mettre en danger la vie des personnes travaillant sur la plate-forme dans des circonstances difficiles vraisemblables. Cette définition est celle que livre *Det norske Veritas (Canada) Ltd.*, dans un rapport préparé pour la Commission royale qui identifie trois des systèmes les plus critiques pour une exploitation sûre des MODU. Le choix de ces systèmes les plus critiques est basé sur l'évaluation de DnV des accidents survenus dans l'industrie du forage mobile ainsi que sur le jugement de spécialistes bien informés. D'après ce rapport, les systèmes les plus critiques sont:

- Les systèmes de ballastage et de stabilisation des plates-formes semi-submersibles.
- Les systèmes de remorquage et de transport des plates-formes auto-élévatrices.
- Les systèmes de contrôle des puits.

Par considérations ergonomiques, on entend les conditions, les commandes, les restrictions, etc., imposées à la configuration et au fonctionnement du système du fait que ce sont des hommes qui feront fonctionner le système. La plupart des considérations ergonomiques sont universelles, quel que soit le but du système. Par conséquent, à des fins d'illustration, ces principes seront examinés du point de vue de leur application au système de ballastage d'une plate-forme semi-submersible.

Pour les systèmes critiques, les considérations ergonomiques doivent inclure l'état de l'unité ou du système après un incident hypothétique. Il peut s'agir d'un abordage, d'un incendie, d'une défaillance structurale ou d'une panne d'électricité générale. L'incident peut entraîner une gîte extrême de la plate-forme, la présence de fumée ou de gaz, l'inondation de compartiments, une panne de courant. Les critères de conception du système critique doivent inclure redondance, accessibilité, facilité de fonctionnement, emploi minimal d'équipement auxiliaire et auto-diagnostique. Les éléments des systèmes critiques doivent être à sûreté intégrée, à l'épreuve des fausses manoeuvres et avoir été éprouvés sur le terrain.

Une exigence fondamentale, du point de vue ergonomique, est que le système critique doit être conçu de façon à être facile d'accès, d'inspection, d'essai et d'entretien. On doit pouvoir inspecter, essayer et entretenir régulièrement l'unité sans interrompre son fonctionnement normal. Cela signifie que le système doit être redondant, de façon à permettre l'exécution de toutes les fonctions individuelles même lorsque certains éléments sont hors service. Le système doit être divisé de telle sorte qu'une anomalie localisée ne provoque pas de panne du système entier. Il doit être possible d'isoler des sous-systèmes ou des éléments pour en faire l'entretien, l'essai ou la réparation sans mettre le système entier hors service.

Si un dispositif de secours doit être mis en marche par intervention humaine, alors ce dispositif doit être d'accès raisonnable après l'incident hypothétique. De plus, pour qu'il soit valable, ce dispositif doit être accessible en un temps raisonnable. Dans le cas du système de ballastage, cela signifie que si certains robinets des réservoirs de ballastage sont conçus pour être manoeuvrés à la main en cas d'urgence, ces robi-

nets doivent être manoeuvrables et facilement accessibles (et non sous le grillage du plancher par exemple). Il doit être humainement possible (physiquement et psychologiquement) à un membre de l'équipage de descendre le long de la colonne dans une salle des pompes et d'atteindre facilement le robinet en question, avec les outils appropriés, pour le faire fonctionner. Enfin, la position du robinet doit être distinctement marquée.

Les commandes d'un sous-système critique tel le système de ballastage doivent être conçues de façon à en permettre le dépannage en cours de fonctionnement. Une anomalie du système ne doit pas en provoquer la panne totale: des alarmes et des indicateurs doivent permettre de localiser l'anomalie et d'y remédier en un temps raisonnable. Pour ne pas distraire l'attention de l'employé chargé de la commande du ballastage en situation d'urgence, le système d'alarme doit être doté d'un silencieux efficace. Une fois le signal audible interrompu, l'indicateur lumineux correspondant à l'élément défectueux doit se mettre à clignoter. Toute autre anomalie survenant après la mise en circuit du silencieux doit redéclencher le signal audible.

Pour qu'un système soit en bon état et puisse fonctionner en cas d'urgence ou de situation critique, il faut qu'il soit entretenu et essayé régulièrement. Par conséquent, il doit être aisément accessible et conçu de façon à faciliter le plus possible l'inspection et les essais. C'est une norme bien établie dans l'industrie, par exemple, que tous les vides d'une plate-forme semi-submersible soient inspectés tous les mois. Cependant, sur certaines plates-formes actuelles, une telle inspection peut prendre plusieurs jours et demander de nombreuses heures-hommes. Plus l'inspection est difficile et longue, plus il est probable qu'elle soit retardée ou omise une fois la plate-forme en exploitation. Par conséquent, l'un des premiers facteurs à considérer dans la conception d'un sous-système quelconque est sa fiscalité d'inspection et d'entretien.

Il est souhaitable que tout équipement nécessaire en cas d'urgence soit aussi utilisé pendant l'exploitation normale. On maximalise ainsi les chances que l'équipement soit en bon état en cas d'urgence. S'il est nécessaire d'utiliser une pompe donnée pour le système de ballastage, pour remédier à une inondation accidentelle ou à une avarie, cette pompe devrait être utilisée dans le même but en temps normal. Si certains réservoirs sont conçus pour être vidés à l'aide d'une pompe submersible en cas d'avarie, cette pompe submersible devrait être utilisée aussi pour vider le réservoir en temps normal. On s'assure ainsi qu'elle fonctionne bien. Un système d'urgence unique doublant le système principal et servant de système d'appoint est aussi nécessaire. Ce système doit être essayé et entretenu régulièrement.

En règle générale, tous les systèmes critiques doivent être conçus et installés de façon à permettre un entretien courant sans interruption du fonctionnement normal de l'unité. S'il faut suspendre le forage, il est possible que les travaux d'entretien soient reportés afin de réduire au minimum les incidences sur les opérations, ce qui risque de nuire à la sécurité globale de la plate-forme.

CONTINUITÉ DE LA RESPONSABILITÉ

La sécurité des équipages de forage offshore est la responsabilité de nombreuses personnes, depuis le gouvernement qui utilise les services de forage pour la mise en valeur des ressources jusqu'à chacun des membres de ces équipages. Chacun des éléments responsables, à savoir le gouvernement, les exploitants, les propriétaires, les sociétés de classification, les inspecteurs des compagnies d'assurances, les associations industrielles, les organismes gouvernementaux mixtes et les membres d'équipage, a un rôle à jouer pour assurer la continuité technique. Il peut s'agir de l'élaboration de règlements par le gouvernement, de l'introduction de progrès techiques dans l'industrie, de l'amélioration de la conception basée sur les réactions d'un équipage bien entraîné. La collaboration entre les différents groupes permet à l'industrie de protéger sa plus grande richesse: sa main-d'oeuvre. Avant d'examiner les moyens d'assurer la continuité de la responsabilité technique, voyons les rôles des principaux éléments responsables.

1. Le gouvernement. Les lois, règles, règlements et normes établis par le gouvernement pour contrôler les opérations offshore dans le pays doivent être basés sur le principe de la sécurité. Cette réglementation ne doit pas compromettre la sûreté des opérations. Par exemple, l'établissement d'un quota de recrutement de membres d'équipage au pays doit être accompagné d'une règle relative à la formation minimale de ces personnes. Il revient au gouvernement de faire en sorte que les employés recrutés au pays soient qualifiés.
2. L'exploitant. Les exploitants doivent respecter dans leurs opérations l'esprit des règles, règlements et lois du gouvernement. Cela signifie qu'ils doivent choisir une plate-forme et un entrepreneur qui satisfont à toutes les exigences en matière de sécurité; le choix d'une plate-forme ne peut se fonder uniquement sur le désir d'abaisser les frais quotidiens d'exploitation. Les exploitants ne doivent pas compromettre la sécurité pour des raisons d'économies et ne doivent pas commander une plate-forme non sécuritaire dans les circonstances.
3. Le propriétaire. Le propriétaire ne doit jamais offrir une plate-forme s'il n'est pas sûr qu'elle peut être exploitée sans danger, tant en ce qui concerne la conception de la plate-forme que les qualifications de l'équipage. C'est à lui qu'il revient de recruter des membres d'équipage bien formés, qui savent ce qu'ils doivent faire et sont capables de le faire. C'est aussi lui qui doit faire en sorte que toute modification subséquente de la plate-forme et des méthodes d'exploitation après la mise en service n'entraîne pas une réduction de la sécurité.
4. La société de classification. La société de classification est chargée de vérifier que la plate-forme est conçue, construite et entretenue en conformité avec les derniers règlements. Étant donné que les règlements sont révisés périodiquement pour améliorer la sécurité de la plate-forme et qu'ils peuvent changer au cours de sa construction, la conception et la construction de la plate-forme doivent être modifiées pour rester conformes aux nouveaux règlements. La société doit s'assurer de la qualité des techniques utilisées à toutes les étapes de la conception et de la construction. Les problèmes qui ne sont pas prévus spécifiquement par les règlements ne doivent pas être écartés.

Comme la société est payée indirectement par le propriétaire, par l'intermédiaire du constructeur, des conflits d'intérêts peuvent survenir. Les sociétés doivent préciser ce que leurs services incluent. Les propriétaires doivent reconnaître que les représentants de la société sont des vérificateurs et non des inspecteurs. Le rôle de ces représentants est d'effectuer des vérifications ponctuelles pour s'assurer que les fabricants emploient des méthodes appropriées de contrôle de la qualité. Ils ne contrôlent pas nécessairement de façon continue la fabrication des éléments (sur une chaîne, par exemple) ni la construction de la plate-forme. Les services offerts par différentes sociétés peuvent varier considérablement.

5. Les vérificateurs de compagnies d'assurance. Le rôle des vérificateurs de compagnies d'assurances est de vérifier que les critères d'évaluation d'une plate-forme en ce qui concerne son exploitation dans un endroit donné sont sûrs et uniformes. Les vérificateurs ont en général peu à voir avec la conception initiale.
6. Les associations industrielles. Les associations industrielles telles que l'API, l'ASME et d'autres ont pour rôle d'assurer que les normes de qualité associées à leur signature sont respectées. Les fabricants et les fournisseurs doivent faire l'objet d'inspections et de contrôles réguliers.

On doit encourager des associations comme l'IADC à offrir une véritable tribune pour les échanges d'idées et l'élaboration de normes de formation professionnelle.

La continuité de la responsabilité technique à travers les phases successives de la conception, la construction, la certification et l'exploitation de la plate-forme est fondamentale et essentielle. En règle générale, on reconnaît que le propriétaire est responsable de la certification et de l'exploitation de la plate-forme. Il doit aussi être entièrement responsable de la conception et de la construction bien qu'il puisse déléguer une partie de cette responsabilité, voire la totalité, à des concepteurs, constructeurs et sociétés de classification qualifiés. Seul le propriétaire peut garantir la continuité à travers toutes ces phases et il en est donc le seul responsable.

La responsabilité technique, depuis la conception jusqu'à l'exploitation d'une plate-forme mobile de forage, peut varier considérablement suivant l'histoire de la plate-forme. Dans le cas le plus simple, la plate-forme est conçue, construite, certifiée, exploitée, modifiée et entretenue sous le contrôle d'une seule entité: par exemple l'entrepreneur en forage qui offre une gamme complète de services, depuis la conception jusqu'à l'exploitation. À l'opposé, il existe le cas complexe où le concepteur, le constructeur et l'exploitant constituent différentes entités. De plus, il se peut que la plate-forme ait été exploitée par plusieurs entreprises différentes. Dans le cas le plus simple, la continuité technique est assurée et repose sur le propriétaire de la plate-forme. Dans le cas extrême où la responsabilité est partagée entre plusieurs entités, il est beaucoup plus difficile de garantir la continuité technique.

Dans les deux cas, la société de classification joue un rôle majeur dans le succès de l'exploitation d'une unité de forage mobile. Seule la société de classification est assurée d'une participation importante dans la mise au point et l'utilisation d'une unité de forage. C'est une obligation à laquelle les sociétés de classification ont répondu efficacement. Cependant, le système comporte certaines faiblesses dont l'industrie doit tenir compte de façon appropriée.

En général, les sociétés de classification ont commencé à s'intéresser au domaine des unités mobiles de forage parce que l'industrie désirait un ensemble de règles uniformes en matière de conception et d'exploitation. Dans une grande mesure, ces règles de classification ont été élaborées conjointement par des représentants des industries de forage et les sociétés. Ce groupe qui collabore avec les sociétés de classification pour l'élaboration des règles représente les concepteurs, les constructeurs, les exploitants, les représentants d'organismes gouvernementaux et un grand nombre de vendeurs d'équipement importants. Les sociétés de classification sont des organismes autonomes qui se sont fixé des règles élaborées après consultation avec tous les participants. Cette interaction se traduit par l'élaboration de règles associées. Les divers groupes ont généralement essayé d'atteindre un équilibre raisonnable entre les droits acquis de chacun.

Malheureusement, la classification est un domaine où règle une certaine concurrence. Cette concurrence entre les sociétés de classification affaiblit quelque peu leur position en ce qui concerne l'élaboration et la mise en application de règles plus sévères. Elles doivent répondre aux groupes intéressés qui les aident à élaborer les règles, mais qui sont aussi leurs principaux clients en ce qui concerne l'utilisation des règles et des services. Il est essentiel que les sociétés de classification élaborent des règles basées sur leurs connaissances techniques particulières et sur leur expérience dans le domaine de la conception des unités de forage et que ces règles s'appliquent uniformément et équitablement à toutes les unités de forage dans le monde entier. Il faut évaluer judicieusement les pressions de divers groupes aux intérêts particuliers tout en tenant compte de la nécessité d'obtenir un produit sûr et fiable.

De plus, à l'heure actuelle, les sociétés de classification ont des exigences quelque peu différentes et, ce qui est peut-être encore plus important, elles n'adoptent pas toujours la même démarche. Il devient donc essentiel pour le propriétaire de choisir la société de classification en fonction des exigences, des méthodes et des connaissances de cette dernière. Il est tout autant inacceptable pour un propriétaire de choisir une société parce que son offre est la plus basse que pour une compagnie pétrolière de choisir une plate-forme parce que ses frais quotidiens d'exploitation sont les plus bas.

Une société de classification peut évaluer la conception d'une unité donnée en fonction d'un critère de conception particulier, mais elle n'a rien à dire en ce qui concerne l'utilisation d'une telle unité dans un endroit précis. Cela signifie qu'une unité peut être classée par la société en fonction d'un critère de conception qui peut répondre ou ne pas répondre aux exigences d'exploitation dans un endroit donné. C'est en général au propriétaire de décider si une unité peut être utilisée à l'endroit choisi. Pour prendre sa décision, le propriétaire s'adresse à un hydrographe. L'hydrographe doit fournir les données nécessaires permettant d'établir qu'une unité peut être utilisée dans un endroit donné. Il peut y avoir des divergences importantes entre les avis des divers hydrographes. Ces derniers doivent faire appel à des météorologues et à des océanographes pour établir les périodes de récurrence nominales des tempêtes dans un endroit donné. Une fois les caractéristiques du site obtenues, l'hydrographe doit vérifier que la structure et le mode d'exploitation de l'unité de forage conviennent. L'évaluation de la structure doit être basée sur des méthodes compatibles avec la démarche adoptée lors de la conception de l'unité.

L'un des problèmes qui se pose dans l'industrie offshore est la divergence d'opinion parmi les experts lorsqu'il s'agit de définir les extrêmes météorologiques à un endroit donné. Les variations peuvent être importantes. Ainsi, il peut arriver qu'un hydrographe approuve l'exploitation d'une unité de forage donnée à un endroit particulier, en se basant sur les critères environnementaux établis par un expert, alors qu'un autre hydrographe, qui utilisera les services d'un autre expert, refusera l'exploitation de la même unité au même endroit. La détermination des critères environnementaux appropriés sur un site donné a toujours été une source de problèmes et de confusion pour les propriétaires d'unités de forage.

Lorsqu'une société de classification étudie la conception d'une unité de forage en vue de son approbation, et dans ses tâches subséquentes, elle acquiert une connaissance approfondie des qualités de l'unité. Cependant, l'hydrographe n'a pas accès à toutes ces données qui échappent même parfois à son domaine de compétence. Il y a donc lieu de se demander si une nouvelle définition des responsabilités de chacun et un changement dans le mode de coopération ne permettraient pas d'améliorer la tâche très importante que constitue l'approbation de l'exploitation d'une unité de forage à un endroit donné.

Il est impossible d'évaluer uniformément les risques associés à l'exploitation d'une unité de forage mobile dans un endroit donné s'il n'y a pas uniformité des critères environnementaux. Il est particulièrement difficile de définir si une unité de forage convient dans une zone spécifique lorsqu'il s'agit d'unités auto-élévatrices. Cependant, il apparaît que c'est dans ces zones qu'il y a le moins d'uniformité dans les critères environnementaux. Pour le propriétaire et le concepteur d'une unité de forage mobile, cela constitue un problème très ardu. Il est en effet très difficile de déterminer les critères environnementaux qui doivent être choisis pour la conception d'une unité qui soit très facilement commercialisable tout en étant économique et exploitable dans des régions spécifiques. Une démarche, qui a été adoptée dans la mer du Nord, consiste à laisser à l'organisme de réglementation la

responsabilité d'établir les critères environnementaux qui doivent être appliqués dans certaines zones d'exploitation. Dans ce cas, une unité de forage donnée peut être évaluée en fonction de critères connus et il est alors possible de fixer uniformément un niveau de risque pour toutes les unités qu'on veut exploiter dans une région donnée.

L'exploitation se faisant dans des régions de plus en plus éloignées, comme au Canada, il est essentiel que l'industrie élabore une méthode permettant d'établir des critères environnementaux de conception uniformes qui puissent être mis à la disposition des concepteurs, des propriétaires et des exploitants d'unités de forage de façon que l'on construise des unités sûres, économiques et efficientes.

En général, les règles et règlements sont élaborés en fonction des progrès de la technologie et des techniques d'analyse ou – comme c'est le cas avec l'*Ocean Ranger* – en réponse à des défaillances importantes, à la performance de l'équipement ou aux réactions de l'équipage. Dans chaque cas, on modifie les règlements dans le but de prévenir les accidents ou les défaillances qui mettent en danger la vie des hommes ou présentent des risques pour l'environnement. Les nouveaux règlements sont généralement basés sur un jugement technique collectif et traduisent souvent la vaste expérience de l'industrie. Ainsi, ils permettent aux concepteurs et aux propriétaires d'avoir une meilleure idée de la situation et ils constituent donc un élément de continuité universelle en matière de responsabilité technique.

Malheureusement, il existe un court-circuit important dans ce processus évolutif. Nous voulons parler du principe des privilèges acquis. En théorie, ce principe vise à réduire au minimum les conséquences économiques soudaines sur l'industrie et, plus particulièrement sur les propriétaires et les entrepreneurs, des restrictions imposées ou du refus d'exploitation de leurs unités de forage dans des régions données. Cependant, il arrive ainsi que, dans une certaine zone, deux plates-formes soient en exploitation, une qui a été conçue en fonction des nouveaux règlements et une qui bénéficie d'exemptions. On doit donc avoir un niveau de risque différent pour les deux types d'exploitation et, dans des cas extrêmes, la différence peut être considérable. Par conséquent, l'industrie doit remettre en question le principe des privilèges acquis, à moins qu'une date précise ne soit spécifiée pour obliger le propriétaire ou l'exploitant d'une plate-forme existante à se conformer aux nouveaux règlements.

Cette question fait l'objet d'une controverse. En règle générale, les concepteurs et les propriétaires d'une unité existante estiment que leur unité est suffisamment sûre et que les règlements sont le résultat d'une réaction intempestive à un ensemble donné de circonstances. D'aucuns prétendent qu'un événement isolé de ce genre ne justifie pas l'imposition des règlements. Cependant, on peut aussi soutenir que, s'il est humain de faire une erreur ou si l'on peut accepter des imperfections dans l'évolution d'une industrie ou d'un principe de conception, on commet une négligence lorsqu'on ne tient pas compte de l'expérience. Le principe des privilèges acquis ne devrait concerner que des cas très limités et une date précise à laquelle les unités existantes doivent répondre aux exigences des nouveaux règlements devrait être spécifiée.

La conception technique est un processus itératif qui comprend des étapes d'évaluation et de révision. La complexité de chaque étape dépend de l'évaluation de l'étape précédente. Le processus se poursuit jusqu'à ce que le système résultant atteigne un niveau défini de sécurité et de fiabilité. Tous les groupes concernés par le forage en mer, depuis le gouvernement jusqu'aux travailleurs, sont interdépendants et l'apport de chacun est nécessaire pour améliorer les exigences en matière de conception et de performance du système. Il revient à chaque groupe d'obtenir les informations nécessaires et de faire part ensuite de son expérience.

Le concepteur d'une plate-forme semi-submersible est responsable de la conception de sous-systèmes critiques tel que le système de ballastage. Cette responsabilité ne s'arrête pas à la conception, mais s'étend aussi à la construction et à l'exploitation. Le propriétaire est responsable du fonctionnement du système de ballastage et de la formation de l'équipe chargée de la commande de ce système; cependant, le concepteur doit continuer de participer en donnant des conseils sur la façon de procéder et en recevant des données sur la performance. C'est seulement en évaluant l'exploitabilité et la performance sur le terrain qu'il est possible d'évaluer la conception et d'améliorer la sécurité et la fiabilité de l'unité de forage.

La contribution du gouvernement du Canada – par le biais de cette conférence organisée par la Commission royale – est accueillie avec satisfaction. Les groupes responsables peuvent ainsi profiter de cette tribune pour échanger leurs idées. Nul doute que chacun appréciera mieux la nécessité et la difficulté d'assurer la continuité de la responsabilité technique dans les phases successives de la conception, de la construction, de la certification et de l'exploitation des plates-formes de forage. Nous sommes heureux de participer à cette conférence.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT C2

F. Atkinson
Vérificateur principal
Lloyd's Register of Shipping

L'exposé présenté par M. Koehler a rehaussé les débats qui se sont tenus dans le cadre de la présente conférence. D'une vaste portée, il examine la responsabilité technique d'un certain nombre d'organismes importants qui s'intéressent à la conception, à la construction et à l'exploitation courante d'une unité mobile de forage en mer. Il faut malheureusement reconnaître que la plupart des progrès réalisés dans le domaine de l'industrie navale sont le résultat d'un accident tragique et je suis persuadé que, tout comme l'*Alexander Kielland* a contribué à l'amélioration des conditions de sécurité, la perte de l'*Ocean Ranger* aidera à améliorer le sort des marins appelés à travailler à bord des installations offshore.

On ne peut attribuer, avec une certitude absolue, à un seul organisme l'entière responsabilité d'une activité donnée. La conception et la construction d'une unité mobile de forage sont régies par les exigences d'un propriétaire et par la capacité d'un concepteur d'y satisfaire tout en produisant un modèle qui puisse être réalisé efficacement par le constructeur. D'autre part, ces trois personnes doivent faire en sorte de respecter les exigences de la société de classification, du gouvernement du pays visé ou de l'État du pavillon, les normes internationales et une multitude de codes pour réussir à produire une unité satisfaisante.

Contrairement aux navires classiques, dont la conception est avant tout régie par des règlements internationaux, les unités mobiles de forage doivent essentiellement être conçues selon les désirs du gouvernement sur le plateau continental duquel la plate-forme sera mise en exploitation. Bien que les règlements établis par divers pays visent les mêmes buts, ils comportent des différences qui rendent difficile l'exploitation d'une unité à l'échelle internationale. Par exemple, il n'y a qu'à comparer les exigences gouvernementales du Canada, du Royaume-Uni, des États-Unis et de la Norvège pour faire ressortir un certain nombre de ces différences dont la plupart ont trait aux normes concernant la stabilité après avarie. L'interprétation des règlements en ce qui a trait à la redondance structurale et à la résistance aux collisions avec des navires illustre bien cette situation.

Même si les sociétés de classification tiennent compte du facteur environnemental au moment de l'analyse structurale, je proposerais que la définition des conditions extrêmes relève du gouvernement auquel appartient le plateau continental. M. Koehler semble laisser entendre que les sociétés de classification n'ont aucune influence sur l'emplacement d'une MODU, mais cela n'est pas tout à fait vrai. Une unité qui est en service à un endroit où l'environnement, que ce soit aux fins du transit, de l'exploitation ou de la survie, déroge aux critères établis, est déclassée.

De plus, si nous agissons, à titre de société de classification, comme agence de certification/vérification, cela signifie que le certificat de conformité n'est délivré qu'en fonction d'un endroit donné. Cela étant dit, je propose de remettre en question la remarque faite par M. Koehler, savoir qu'une fois qu'un emplacement a été choisi, il est toujours possible à l'hydrographe de vérifier si la structure et le mode d'exploitation de l'unité sont adaptés aux conditions. Seule une personne possédant une connaissance très approfondie de l'unité peut faire une vérification de ce genre.

Comme M. Koehler l'a fait remarquer, il est malheureux, mais vrai, que les principaux facteurs qui ont provoqué la perte de l'*Ocean Ranger* semblent reliés au système de ballasts, au mécanisme de commande de ce système et à la capacité de l'équipage de le faire fonctionner. Voilà qui met en relief la dualité du contrôle exercé sur les opérations offshore et souligne peut-être le besoin d'établir des dispositions légales plus rigoureuses sur le plan international, ou tout au moins, sur le plan national.

À bord d'une installation offshore les activités humaines varient considérablement, selon le mode d'exploitation de l'unité. Une telle combinaison d'intérêts et de disciplines aboutit nécessairement à une dichotomie dans les responsabilités et fait ressortir la nécessité de disposer d'un équipage compétent et bien formé, dirigé par une personne ayant une autorité absolue.

Bien que M. Koehler en ait fait mention, je ne crois pas qu'on ait suffisamment insisté sur l'importance de la formation de l'équipage; il s'agit d'un sujet que ce symposium aimerait peut-être approfondir davantage, à savoir la formation par rapport aux niveaux de compétence déterminés et convenus.

Une installation offshore est en définitive un amalgame d'idées dans la conception, de restrictions dans la construction, de critères de stabilité, de méthodes d'inspection compromises par la faillibilité humaine et d'exigences relativement restreintes quant à l'attribution des certificats, à la classification et à l'assurance de la qualité. Pour compliquer davantage les choses, il faut doter une telle installation d'un équipage disposant d'appareils ou de moyens de sauvetage adaptés qui ne serviront que dans des conditions ambiantes très difficiles et dans des moments de confusion et de stress très

intenses.

Je m'arrêterai maintenant à la seconde partie de l'exposé qui traite de la continuité de la responsabilité, surtout par rapport à une unité mobile de forage en mer (MODU). On sait d'expérience que, contrairement à la situation qui a cours dans les activités maritimes, il arrive assez souvent que des concepteurs participent à l'exploitation d'une MODU. Cette coutume est en train de changer lentement, les chantiers navals se contentant maintenant d'assumer la responsabilité de leur propre conception, pour laisser l'exploitation de l'installation entre les mains d'une société indépendante. Cette tendance rompt la continuité traditionnelle de la responsabilité du concepteur à l'entrepreneur de forage, et comme l'autorité de l'état riverain ne s'exerce que pendant certaines périodes, je serais enclin à penser, en accord avec l'auteur, que les sociétés de classification sont les organismes qui s'intéressent pendant la plus longue période aux unités de forage. Il faudrait cependant se rendre compte qu'alors que ces sociétés se préoccupent beaucoup des aspects structurals des installations et tendent à s'intéresser davantage à leur stabilité, elles ne peuvent et ne devraient pas s'occuper de la compétence de l'équipage. C'est une question qui relève entièrement du pays d'enregistrement et de l'état riverain touchés.

Par rapport au rôle des sociétés de classification, M. Koehler a soulevé trois questions qui méritent d'être approfondies:

1. Il propose que les nouveaux règlements mis en vigueur au cours de la construction d'une unité s'appliquent sur-le-champ. Cela est contraire à toutes nos coutumes maritimes normales selon lesquelles les nouveaux règlements ne s'appliquent que six mois après avoir été acceptés et seulement aux unités conçues après cette date. Accepter les propositions de l'auteur entrainerait des problèmes contractuels considérables et serait tout à fait inacceptable pour le constructeur.

2. Je souscris à la proposition de l'auteur suivant laquelle on devrait avoir recours le moins possible aux clauses d'antériorité et qu'il faut prévoir une période suffisante pour la modification des plates-formes. Les règlements reconnaissent rarement les droits acquis et j'estime qu'il s'agit d'une prérogative qui appartient essentiellement aux gouvernements plutôt qu'aux sociétés de classification et même que cette prérogative ne devrait être exercée qu'avec beaucoup de prudence. On peut y avoir recours, naturellement, et j'aimerais beaucoup connaître le point de vue de l'auditoire à ce sujet, mais il serait bon d'avoir à l'esprit toutes les répercussions financières de son application, même si ce facteur se situe à l'extérieur du processus de classification.

3. M. Koehler fait remarquer qu'un propriétaire peut déléguer ses responsabilités en tout ou en partie. D'après moi, un propriétaire ne peut jamais déléguer toutes ses responsabilités et, de fait, c'est lui qui en définitive assume la responsabilité ultime de l'unité, même s'il peut partager sa responsabilité avec d'autres organismes. Je remarque que l'auteur fait allusion à la concurrence qui existe entre les sociétés de classification, mais je ne peux partager entièrement son opinion lorsqu'il laisse entendre qu'elle permet de marchander la sécurité. Je suis toutefois d'avis que les sociétés de classification ne devraient pas être assujetties à l'autorité gouvernementale et qu'on devrait s'élever contre toute forme de protectionnisme.

La présente conférence et l'exposé de M. Koehler ont tous deux fait ressortir la nécessité d'un contrôle plus rigoureux de la conception et de l'exploitation des MODU. Cependant, les modifications qui seront apportées, quelles qu'elles soient, devront être justifiées sur le plan technique et ne devront pas être faites sous le coup de l'émotion uniquement pour satisfaire la conscience publique. Je voudrais faire comprendre à cet auditoire que ce ne sont pas les transformations radicales qui amélioreront la sécurité future des MODU, mais bien le souci du détail au moment de la conception et de la construction des futures plates-formes.

J'aimerais remercier la Commission royale de m'avoir donné l'occasion d'exposer mes points de vue, dont certains n'étaient pas reliés directement aux propos de M. Koehler. De nature complémentaire, ils permettront probablement d'élargir le champ du débat visant à améliorer la sécurité des unités mobiles de forage en mer.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT C2

M. Vermij
Expert technique
Bureau de la sécurité aérienne
Transports Canada

Comme ma spécialité n'est pas la sécurité maritime, mais plutôt la sécurité aérienne, je limiterai mes commentaires à l'expérience que j'ai vécue au cours de l'enquête sur le sinistre de l'*Ocean Ranger* et aux questions d'analyse de la sécurité.

En premier lieu, j'aimerais commenter la définition des systèmes critiques donnée par M. Broussard, et la compléter. Les systèmes critiques sont définis comme étant les systèmes dont la panne totale ou partielle peut entraîner le naufrage de la MODU ou mettre en danger la vie des personnes qui y travaillent dans des «conditions difficiles vraisemblables». J'aimerais ajouter que c'est aussi la mauvaise utilisation d'un système critique, comme le révèle l'analyse du naufrage de l'*Ocean Ranger*, qui peut provoquer une perte. De plus, la mention «conditions difficiles vraisemblables», au point de vue de la sécurité, n'est vraiment pas nécessaire. Je n'ai pas trouvé dans le document de définition de la continuité technique et j'en ai établie une de mon cru. Je voudrais vous la soumettre pour que vous en discutiez afin de voir si elle est juste ou pertinente: «l'établissement et le maintien d'une voie de communication opérationnelle, surtout jusqu'à l'équipage, qui permette d'assurer le fonctionnement, la surveillance et l'entretien sûrs, appropriés et sécuritaires des systèmes critiques de la plate-forme, dans toutes les conditions possibles, et pendant toute la vie utile de l'unité».

Ma participation à l'analyse du désastre de l'*Ocean Ranger* et la lecture de la première partie du rapport m'ont permis d'ajouter quelque chose comme vingt-deux facteurs de causalité qui ont contribué à la perte de la plate-forme et de l'équipage. Parmi ces facteurs de causalité, dix-sept ont provoqué le désastre et celui-ci ne se serait probablement pas produit si un seul de ces facteurs n'avait pas été présent. Comme vous pouvez le constater, six de ces facteurs sont attribuables à la rupture de la continuité technique et douze d'entre eux sont directement reliés à la défectuosité des systèmes critiques. Cet exposé a pour but de démontrer l'importance des systèmes critiques et de la continuité technique. Une des leçons à tirer du sinistre de l'*Ocean Ranger*, c'est la nécessité d'inclure, à titre de principe technique et aux fins de la conception et de la sécurité, l'analyse critique et séquentielle des défectuosités, qui serait confiée de préférence à un laboratoire indépendant et qui pourrait être soumise aux concepteurs sur une base de quasi-confrontation.

Le document rédigé par M. Broussard contient deux points sur lesquels je ne suis pas d'accord. M. Broussard déclare que «dans le cas où la plate-forme est conçue, construite, certifiée, exploitée, modifiée et entretenue sous le contrôle d'une seule entité, la continuité technique est assurée et repose sur le propriétaire de la plate-forme.» Je ne partage pas tout à fait ce point de vue. Je crois que dans ce cas, la question de la responsabilité est très claire, mais la continuité technique n'est certainement pas assurée uniquement par le fait qu'il n'y a qu'un seul propriétaire et concepteur. La continuité technique exige des parties en cause un effort continu pour l'assurer et faire en sorte que l'équipage et les autres intéressés aient la formation nécessaire pour bien gérer l'installation.

L'autre point sur lequel j'aimerais revenir est le suivant: «l'établissement d'un quota de recrutement de membres d'équipage au

A	B	C	D	FACTEURS DE CAUSALITÉ (Perte de l'*Ocean Ranger*)
■				1. Violente tempête
■				2. Direction des vagues et du vent
	■			3. Emplacement de la salle de commande des ballasts
	■			4. Résistance du hublot
			■	5. Position des contre-hublots
	■			6. Imperméabilité des interrupteurs
	■			7. Commande électrique des soupapes pneumatiques
		■		8. Console indépendante de contrôle de l'état des soupapes*
	■		■	9. Câblage d'interrupteurs à sûreté intégrée
	■			10. Proximité du système à 24 et à 115 volts
			■	11. Possibilité d'intervention de l'équipage – système de consoles
	■		■	12. Système de surveillance du niveau des réservoirs
			■	13. Possibilité de manœuvrer les soupapes manuellement
	■			14. Système de surveillance du tirant d'eau
	■			15. Emplacement de la pompe des ballasts
	■			16. Réseau de tuyauterie des réservoirs
		■		17. Ouvertures des ponts menant aux puits aux chaînes
		■		18. Drainage des puits aux chaînes
		■		19. Ouverture de ventilation et ouvertures des ponts menant aux cages d'escaliers
			■	20. Synchronisation de l'évacuation
	■			21. Système d'évacuation
■				22. Basses températures
	■			23. Vêtements de protection

A Facteur environnemental
B Défectuosité d'un système critique
C Défectuosité d'un système «non» critique
D Rupture de la continuité technique

*L'absence de console indépendante de contrôle de l'état des soupapes ne peut être considérée comme étant un facteur de causalité.

pays doit être accompagné d'une règle relative à la formation minimale de ces personnes. Il revient au gouvernement de faire en sorte que les employés recrutés au pays soient qualifiés.» Je ne crois pas que le simple fait pour un exploitant de signer un accord avec un gouvernement particulier lui permette de transférer à ce gouvernement la responsabilité de la formation de l'équipage.

Je termine mes commentaires en soulignant la qualité de l'exposé de M. Broussard. J'ai eu beaucoup de difficultés à y trouver des failles. Merci de votre attention.

Résumé de la discussion générale

La question des règlements établis par les sociétés de classification concernant la conception des MODU, la façon dont ils sont compilés et mis en application et les effets des modifications apportées aux règlements sur les unités construites et sur celles dont la construction est en cours, a suscité beaucoup de controverse pendant toute la période de discussion. M. R.E. Johnson (NTSB) a critiqué le regroupement au sein d'une même catégorie des exigences relatives à la stabilité des semi-submersibles, des plates-formes auto-élévatrices et des navires de forage, étant donné que les forces et les réactions sont sensiblement différentes dans chaque cas. D'après lui, la plupart des recherches qui ont été faites jusqu'à maintenant sur la stabilité après avarie ont porté principalement sur les semi-submersibles. Même s'il était d'accord avec l'utilité des essais de modèles, il a souligné la difficulté d'établir un modèle représentant avec exactitude les effets de l'eau qui envahit les ponts et l'impact des vagues sur les structures des ponts, et de choisir des spectres de houle appropriés. Il s'est montré circonspect face aux problèmes que pose la transposition des résultats des essais en données utiles à l'utilisateur ultime à bord d'un navire ou d'une plate-forme. M. E Dudgeon (CNR) a préconisé le recours à des simulations pour garantir l'exactitude des résultats des essais.

En ce qui a trait au choix de spectres de houle appropriés, M. L. Draper (*Institute of Oceanographic Sciences*, R.-U.) a répondu qu'il n'était pas possible d'utiliser un spectre de houle standard pour tous les essais de modèles parce que chaque région géographique possède son propre spectre d'énergie particulier.

M. W.H. Michel (Friede & Goldman) a répondu aux réserves exprimées par M. Johnson concernant les exigences en matière de stabilité en réaffirmant qu'il faut tenir compte à la fois du vent et des vagues pour établir et appliquer des critères de stabilité, et que les concepteurs devaient trouver une façon intelligente d'incorporer les résultats des essais de modèles et les calculs théoriques lorsqu'ils conçoivent des bâtiments en fonction des règles de stabilité.

M. Johnson n'était pas d'accord avec M. T. Haavie (Submarine Engineering) sur la nécessité de soumettre à un certain nombre d'essais d'inclinaison tous les modèles de plates-formes peu après leur construction. M. Haavie a toutefois insisté sur l'importance d'obtenir des résultats précis, ce qui, selon lui, justifiait la nécessité de procéder à plus d'un essai d'inclinaison, malgré les coûts élevés que cela entraîne.

M. J. Pawlowski (CNR) a parlé du besoin de recherches sur la stabilité et s'est efforcé de situer la question dans un contexte plus vaste. Actuellement, la conception se concentre davantage sur les éléments de structure. D'autre part, la perte d'une unité est toujours reliée à une perte de stabilité et de flottaison. M. Pawlowski a fait valoir l'importance de la recherche préalable à la conception dans le processus de construction. À son avis, c'est l'évaluation du rendement du modèle final qui confirme l'efficacité de la recherche. Comme il n'y a pas encore de travaux de recherche bien coordonnés en cours dans ce domaine, il a pressé les organismes de recherche et de réglementation d'unir leurs efforts en vue de parvenir à une meilleure compréhension de la stabilité des constructions flottantes et de fournir aux concepteurs des données plus fiables à ce sujet.

M. V. Greif (SEDCO, Inc.) a commenté deux aspects de l'exposé de M. Broussard: 1) la responsabilité de la formation du personnel dans les régions soumises à des politiques locales en matière d'embauche; et, 2) la révision de la réglementation régissant la conception et les répercussions possibles de la clause d'antériorité. Il a fait valoir que c'était le rôle de l'industrie et non celui du gouvernement d'embaucher et de former la main-d'oeuvre locale, à condition que les contingents imposés n'exercent pas de pressions indues sur le programme de formation. M. T.S. McIntosh (IADC) a ajouté que lorsque des contingents sont imposés sans tenir compte de la disponibilité des travailleurs qualifiés et des besoins en formation des travailleurs non spécialisés, le gouvernement qui fixe ces quotas se trouve à assumer une part de la responsabilité de donner la formation, même si cette responsabilité peut être déléguée à l'industrie.

M. Greif a ensuite abordé la question de l'amélioration des unités existantes à mesure que la réglementation évolue en faisant remarquer que la plupart des unités sont exploitées avec succès depuis de nombreuses années, sans accident, et sans modifications majeures et qu'il n'y a donc aucune raison pour qu'on mette automatiquement hors de service les unités qui ne satisfont pas aux règles les plus récentes. Il a ajouté que, dans la plupart des cas, les propriétaires avisés améliorent leurs plates-formes lorsque les nouveaux règlements revêtent une importance capitale et que les modifications sont jugées utiles. Naturellement, cela suppose que les modifications sont réalisables et qu'elles n'auront pas d'effet négatif sur d'autres éléments de l'unité. M. McIntosh a ajouté que Zapata Corporation donne suite à tout nouveau règlement au cours des étapes de la conception et de la construction d'une unité, lorsque la modification peut améliorer la fiabilité ou la sécurité de l'installation.

M. F. Atkinson (*Lloyd's Register of Shipping*) a fait remarquer que les nouveaux règlements n'ont pas tous la même portée ou la même importance pour la sécurité de la plate-forme et que, par conséquent, il importe d'évaluer soigneusement les modifications avant de poser des problèmes contractuels et financiers en exigeant la modification d'une unité déjà en voie de construction. M. Broussard (Sonat Offshore Drilling) s'est opposé à l'idée de ne pas donner suite à toutes les règles, même si une unité est en cours de construction, parce que les propriétaires exigent habituellement que les nouvelles unités satisfassent à toutes les règles les plus récentes, et non pas uniquement à celles qu'on juge les plus appropriées à un type d'unité en particulier.

M. J. Hornsby (Direction de la sécurité des navires de la GCC) a soulevé la question de la responsabilité de garantir qu'une installation est sécuritaire et convient à une fonction particulière, même si elle ne satisfait pas aux règles. Il a soutenu que l'État du pavillon, du fait qu'il gère l'attribution des permis aux plates-formes exploitées dans le territoire relevant de sa compétence, a la responsabilité de garantir que l'unité satisfait aux exigences. Cela est particulièrement vrai étant donné que les sociétés de classification se réservent le droit de décliner leur responsabilité dans leurs règlements. M. Hornsby a ensuite proposé que l'on confie l'établissement de normes internationales concernant les MODU à l'Organisation maritime internationale, et M. Manum (*Norwegian Maritime Directorate*) a acquiescé à cette façon de procéder.

M. Dudgeon a exprimé l'opinion que si une unité MODU était considérée comme un ensemble industriel complexe, alors son mode d'exploitation devait aussi être perçu de la même façon. Il a souligné l'importance de l'utilisation de modèles et de simulations, tant physiques qu'automatisés, pour aider à l'analyse et à la conception des systèmes, et le fait que les simulations étaient particulièrement efficaces comme outils de formation et pour analyser les scénarios de différentes situations hypothétiques.

M. Nigel Hendy (Burness, Corlett & Partners) a expliqué qu'on a beaucoup fait appel aux essais de modèles au cours des

enquêtes portant sur l'*Ocean Ranger*, et que les essais effectués par le CNR et la NHL étaient faits à partir d'une combinaison de charges dues au vent et à la houle, et de rafales de vent. Ces recherches ont démontré que bien que les forces de la houle prédominent dans des conditions d'amarrage en eau peu profonde, les effets des charges dues au vent peuvent devenir plus importantes si la profondeur de l'eau change ou si le genre de système d'amarrage ou l'état de ce dernier évoluent. M. Hendy termine son commentaire en disant qu'il partage l'opinion de M. Haavie à savoir que les contre-hublots, s'ils ne sont pas bien conçus et bien utilisés, peuvent rendre une unité dangereuse dans des cas d'inclinaison très marquée.

M. Ray Street (Hollobone, Hibbert) a remis en question l'importance accordée aux recherches sur l'analyse des structures et leur stabilité au regard des données disponibles sur les accidents qui indiquent qu'aucun d'entre eux n'est dû à un problème de stabilité hydrostatique. Il lui semble plus approprié de canaliser davantage d'énergie dans l'examen et l'assurance de la fiabilité des systèmes, dont la défectuosité semble être plus souvent la cause des accidents.

M. Michel a défendu le point de vue qui met l'accent sur les recherches sur la stabilité et a ajouté qu'il est nécessaire d'établir des critères de stabilité appropriés et d'en connaître l'influence dans des conditions ambiantes extrêmes. M. Manum a aussi insisté sur l'importance de pouvoir établir des critères de stabilité après avarie, ce qui permettrait de prévenir les cas de chavirement et d'augmenter les chances de survie. Il considère que la stabilité après avarie est un élément particulièrement important en ce qu'elle permet à l'équipage d'une unité de disposer de suffisamment de temps, au moment d'un accident, pour mobiliser les appareils de sauvetage qui sont à sa disposition. Si la stabilité après avarie est insuffisante, il y a de fortes chances pour que le bâtiment chavire avant que l'équipage ait eu le temps de l'évacuer de façon sécuritaire.

M. G.L. Hargreaves (conseiller, R.-U.) a comparé les méthodes de certification et de classification en vigueur au Royaume-Uni. Le *Secretary of State* constitue la seule autorité ayant le pouvoir de permettre des exceptions aux règles, et ces exemptions ne sont approuvées qu'après consultation de l'organisme de certification et de ses conseillers. Selon l'expérience de M. Hargreaves, ces exemptions ne sont accordées qu'après l'imposition de certaines clauses de compensation visant à garantir la sécurité de l'équipage. M. Manum a ajouté qu'en Norvège, c'est le *Norwegian Maritime Directorate* qui constitue l'organisme de certification. Il accorde beaucoup d'importance aux critères de stabilité après avarie, et travaille en étroite collaboration avec les sociétés de classification et en fonction de leurs critères.

3

L'INTERACTION DE L'HOMME ET DE LA MACHINE

Safety Offshore Eastern Canada

INTERACTION DE L'HOMME ET DE LA MACHINE

INTRODUCTION

Les principaux aspects de l'interaction de l'homme et de la machine qui ont été étudiés sont la formation du personnel et la conception du matériel; le but visé était de réduire le nombre des erreurs des opérateurs. On s'est notamment penché sur les moyens dont peuvent se servir les opérateurs et les utilisateurs du matériel pour transmettre aux fabricants leurs observations, dont il pourra être tenu compte pour améliorer les appareils, machines et dispositifs. On a aussi examiné la question de la sélection du personnel en vue de déterminer quelles sont les qualités fondamentales que doivent posséder les opérateurs qui, dans une installation mobile de forage en mer, occupent un poste clé et remplissent des fonctions de contrôle accessoires ou d'urgence ou les deux.

La présidence de cette séance technique a été assumée par M. G.M. MacNabb, diplômé en génie civil de l'Université Queen's et détenteur de six doctorats honorifiques d'universités canadiennes. Au début de sa carrière, M. MacNabb est entré au service du gouvernement fédéral. En 1975, il a été nommé sous-ministre adjoint principal au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Il préside le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie depuis 1978; il est aussi président d'Uranium Canada Limitée, vice-président honoraire de la Conférence mondiale de l'énergie et directeur d'Énergie atomique du Canada Limitée.

P. Foley
Chef, Département du génie industriel
Université de Toronto

M. Foley est très versé dans les problèmes liés aux facteurs humains. Il a d'ailleurs mis sur pied le programme d'études des facteurs humains qu'offre l'Université de Toronto où il est actuellement Chef du Département du génie industriel. Il a représenté le Canada au sein de nombreux comités internationaux et il fait actuellement partie de divers comités canadiens voués à la recherche et au développement.

DOCUMENT D

Le savoir-faire de l'opérateur devant la technologie des grands systèmes

Vu le peu de temps dont je disposais pour préparer cet exposé et l'impossibilité à ce moment-là d'examiner la question du forage offshore dans tous ses détails, j'ai opté pour l'examen du problème général de la conception de systèmes hommes-machines et du rôle de l'ergonomie dans ce contexte. Mes propos et ceux d'autres conférenciers risquent donc de se recouvrir quelque peu. Toute redite doit être vue comme une amplification plutôt que comme une redondance.

La conception d'un système homme-machine représente dans l'absolu une tentative d'intégration des éléments de base d'un tel système, à savoir les ressources humaines, physiques et informationnelles pour atteindre un objectif quelconque clairement défini. Étant donné, toutefois, l'interdépendance de ces éléments, le problème de la conception devient un problème de décision là où il faut examiner non pas la simple harmonisation mais les effets éventuels des interactions très complexes de ces éléments de base. De plus, des hypothèses implicites peuvent influer sur le processus décisionnel proprement dit. Voyons l'incidence des hypothèses suivantes sur la conception, par exemple :

1. «Si je conçois mon appareil de cette façon, à quoi dois-je m'attendre de l'opérateur et quelle sera l'efficacité de mon système?»
2. «Si l'opérateur humain doit se servir de ses facultés de cette façon, comment dois-je concevoir mon appareil pour maximiser l'efficacité du système?»

La différence entre un et deux peut paraître assez mince à première vue, mais elle est considérable, en réalité. Les répercussions sur la conception sont extrêmement profondes et l'on ne saurait trop insister sur l'importance de rendre explicite ce qui est implicite.

Examinons donc de près le problème de la conception. La figure 1 illustre les trois grands éléments du système, soit l'homme, la machine et l'information. Elle met aussi en évidence qu'un système ne vit pas en vase clos, mais qu'il s'insère dans un contexte où il est soumis, tant au stade de la conception qu'au stade de l'exploitation, à l'action de forces déterminantes dont j'indique les plus évidentes. À noter qu'elles sont présentées dans l'ordre alphabétique, ce qui permet de contourner le problème de décider de leur importance relative. Ce n'est pas chercher ainsi à se dérober à une tâche ingrate, mais reconnaître que, pour n'importe quel système, la question de l'importance relative est une de celles qui doivent être tranchées. Le diagramme fait ressortir aussi qu'aucun élément ne vit en vase clos au sein du système. L'homme influe sur la machine, et vice versa. L'homme agit sur l'information et vice versa. L'information influe sur la machine et vice versa. Et ce qui est le plus important, c'est que le processus de conception influe sur les trois éléments et vice versa, et leurs interactions du premier et du second ordre. Ces complexités exigent une démarche hautement structurée, et l'une de ces structures (Wulfeck et Zeitlin, 1962) est éloquente et vaut toujours. Les activités sont nécessairement placées dans l'ordre dans lequel elles se présentent, mais certaines sont évidemment concomitantes.

1. Établissement des objectifs du système
2. Définition des exigences du système
3. Répartition des fonctions du système entre l'homme et la machine, c'est-à-dire :
   - définition des exigences en matière d'information
   - définition des exigences en matière de transfert
   - définition des exigences en matière de contrôle
   - établissement d'un système d'entretien et de logistique
4. Conception des appareils et planification du lieu de travail
5. Définition des exigences en ce qui concerne la constitution de l'effectif
6. Définition des exigences en matière de formation
7. Formation
8. Essai et évaluation du système

Si tout cela semble logique, laissez-moi vous dire, pour reprendre l'expression d'un de mes anciens professeurs, que la «logique est la plus rare des denrées», affirmation que je n'ai jamais eu à nuancer.

À quel point l'ergonomie doit-elle intervenir? Cela dépendra, évidemment, des objectifs du système. Par exemple, si l'objectif vise par le système est d'envoyer un homme sur la lune pour y recueillir des échantillons géologiques, il faut alors connaître les possibilités et limites de l'homme en milieu lunaire pour juger si cet objectif est réaliste ou non. Par contre, pour utiliser le même exemple, si l'objectif est de mettre au point un système entièrement automatisé d'exploration géologique de la surface lunaire, point n'est besoin de connaître les possibilités de l'homme tant qu'on n'a pas à établir un système d'entretien et de logistique. Soit dit en passant, il est intéressant de réfléchir à l'influence des facteurs sociaux, politiques et environnementaux dans le choix de

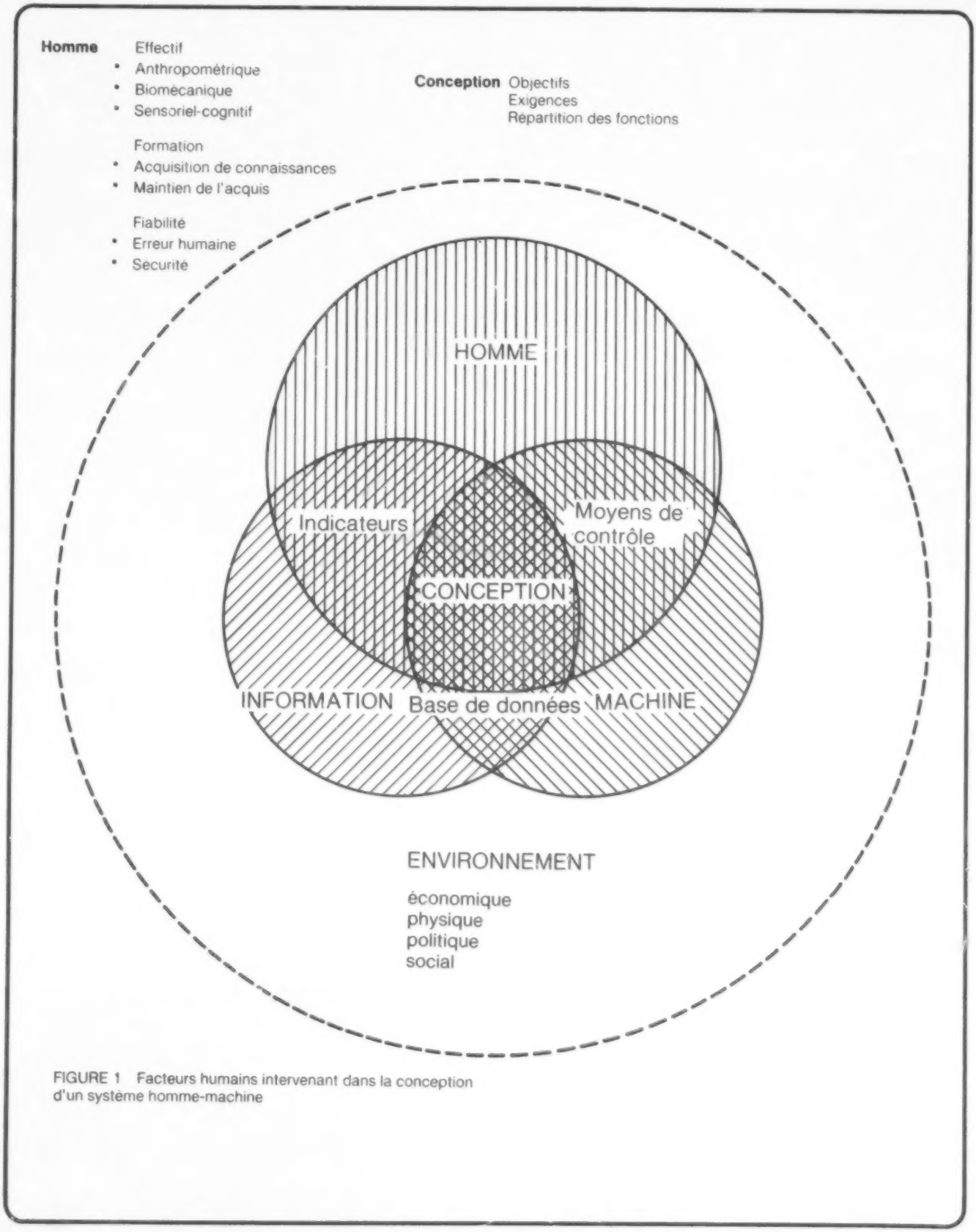


FIGURE 1 Facteurs humains intervenant dans la conception d'un système homme-machine

l'objectif des missions Apollo dont le succès d'Apollo II en 1969 a marqué l'apogée, si l'on considère Spoutnik en 1957, les missions Luna en 1959 et l'inauguration officielle de la NASA en 1958.

Quoi qu'il en soit, même s'il s'impose aux étapes un et deux, c'est à l'étape trois qui concerne la répartition des fonctions du système entre l'homme et la machine, que l'apport de l'ergonomie prend une importance extrême. Il faut posséder beaucoup plus à ce stade qu'une connaissance superficielle des possibilités et limites relatives tant de l'homme que de la machine. Les ergonomistes ont consacré beaucoup d'efforts, dans le passé, à l'étude, à la codification et à la classification des caractéristiques du rendement humain, efforts qui ont abouti à la liste des «Fitts» et à la version moderne plus complète, proposée par Geer (1981). Toutefois, comme elle est axée sur l'efficience relative de l'homme et de la machine, cette démarche a ses limites. La question n'est jamais posée en termes aussi clairs. La question n'est pas simplement de savoir si l'homme et la machine sont interdépendants mais plutôt quelle forme doit rendre leur interaction. Les progrès rapides réalisés dans le domaine de l'informatique ont soulevé de nouvelles questions dont les réponses ne sont pas intuitivement évidentes. Voyons par exemple de la description d'interactions suivantes[1]:

1. L'homme fait tout le travail qu'il remet à l'ordinateur pour son application.
2. L'ordinateur aide à définir les options.
3. L'ordinateur aide à définir les options et fait une suggestion que l'homme n'est pas forcé de suivre.
4. L'ordinateur retient une mesure que l'homme peut appliquer ou non.
5. L'ordinateur retient et applique une mesure, sous réserve de l'approbation de l'homme.
6. L'ordinateur retient une mesure et prévient l'homme suffisamment d'avance pour que celui-ci puisse l'arrêter.
7. L'ordinateur effectue le travail en entier et informe obligatoirement l'homme de ce qu'il a fait.
8. L'ordinateur effectue tout le travail et n'informe l'homme de ce qu'il a fait que si celui-ci le lui demande expressément.
9. L'ordinateur effectue le travail en entier et informe l'homme de ce qu'il a fait, et c'est lui, l'ordinateur qui décide de prévenir ou non l'homme.
10. L'ordinateur exécute tout le travail et décide qu'il doit être fait, et dans l'affirmative, il prévient l'homme, s'il le juge à-propos.

Les dix possibilités énumérées ci-dessus ne sont pas les seules, loin de là. Dans chacun des dix cas, la requête originale de l'homme peut être sans utilité aucune et l'ordinateur peut aussi ne pas en tenir compte. À elle seule, l'étape dix peut avoir plusieurs variantes, l'ordinateur prévenant l'homme automatiquement, ou à sa demande. L'ultime condition est constituée par l'hypothèse dynamique, là où il n'est pas décidé au départ ce que sera l'interaction au juste et où l'interaction est ensuite incorporée dans le système et fixée, mais où la forme que prend l'interaction varie selon l'état et les besoins du système et où cette faculté d'adaptation est intégrée dans celui-ci. Bref, la répartition des fonctions joue un rôle déterminant dans la conception et l'élaboration du système. Il s'agit alors de donner une forme précise aux fonctions définies préalablement; comment seront-elles accomplies au juste? Il est clair qu'il faut s'attaquer au problème de façon systématique. Chaque possibilité doit être examinée et définie par rapport à ses exigences en matière d'information, de transfert et de contrôle et, évidemment, par rapport aux besoins du système. Ce n'est qu'à ce moment-là qu'on pourra faire des choix judicieux entre les différentes options. Il doit aussi sauter aux yeux que ce n'est pas là le genre de travail à confier à des amateurs ni quelque chose qu'on peut greffer à d'autres responsabilités ou qu'on peut laisser évoluer. On a besoin à ce stade d'un ergonomiste qui doit faire partie de l'équipe de conception. Cela devrait devenir évident lorsque nous examinerons plus en détail les exigences au titre de l'information, du transfert et du contrôle.

Déterminer les exigences en matière d'information n'est pas aussi simple que cela peut en avoir l'air à première vue. Disposer de trop d'informations présente autant d'inconvénients que de ne pas en avoir assez. Où se situe alors le juste milieu? Dans quelle mesure peut-on confier à la machine le soin du prétraitement de l'information, pour réduire l'excédent d'informations et tirer avantage du même coup de la puissante faculté de reconnaissance des modèles de l'homme? Les réponses à ces questions et à d'autres du même genre dépendront du rôle que l'opérateur doit jouer. Passant en revue les études de l'activité de l'opérateur humain, Bainbridge (1984) insiste sur la nécessité de «recueillir de l'information sur la perception de la situation, les intentions et les attentes des opérateurs». Les indicateurs doivent refléter la structure du processus et être axés sur le niveau des variables du processus plutôt que sur l'état des composantes de l'unité. Ils doivent prendre une forme adaptée à la souplesse d'esprit des opérateurs. À noter, peut-être, que Bainbridge fonde ses recommandations sur une étude circonstanciée de six incidents survenus dans des centrales nucléaires, y compris celle de Three Mile Island, en se servant de rapports offrant des analyses détaillées postérieures de chaque incident, faites avec les opérateurs. Son rapport fait ressortir la nécessité de connaître à fond les possibilités et limites cognitives humaines si l'on veut prendre des décisions judicieuses concernant le recoupement de l'information. Comme elle le fait remarquer d'un ton plutôt railleur, dans ce contexte nous avons jugé utile de donner la citation au long : «Les ingénieurs qui consultent les ergonomistes sont portés à réclamer des chiffres absolus concernant les niveaux de rendement. 'Nous n'avons que faire des processus cognitifs, donnez-nous simplement le taux d'erreur/la capacité de transmission d'information/la capacité de mémorisation/la capacité de perception de l'homme et nous concevrons le système en conséquence.'»

Malheureusement, les catégories de tâches utilisées comme fondement pour réclamer ces chiffres sont trop simples. Supposons, par exemple, que quelqu'un demande le taux d'échec humain dans le «raisonnement déductif». Hunter (1959) a constaté que le nombre de personnes en mesure d'indiquer le facteur le plus grand dans un problème «d'une série de trois termes», dans un laps de temps limité, dépend de la façon dont la tâche est présentée :

a > b,	b > c	70 %
a > b,	c < b	59 %
b < a,	c < b	43 %
b < a,	b > c	27 %

Si le taux d'échec fait plus que doubler là où l'information est mise dans un autre ordre, alors les transformations détaillées auxquelles la personne doit procéder pour mener la tâche à bien ont une incidence plus grande sur le taux d'échec que la tâche du raisonnement déductif. Toute prédiction juste sur le rendement suppose une connaissance approfondie des processus cognitifs intervenant dans l'exécution de la tâche. Comme cette connaissance précède la conception des indicateurs, j'insiste à nouveau sur le fait que ce n'est pas là une tâche à confier à des amateurs.

La définition des besoins en matière de transfert suppose un arrangement et une démarche semblables. L'accent est mis ici sur le modèle mathématique des particularités du rendement de l'opérateur humain et la possibilité de faire cadrer les particularités de l'opérateur avec les caractéristiques de la machine pour arriver à une expression quantitative de la dynamique du système.

Cette démarche comporte maints avantages; elle permet en effet de faire des comparaisons justes au niveau du plan, de prédire le rendement et d'apprécier la pertinence du plan retenu. Elle exige, par contre, des techniques passablement sophistiquées et des quantités énormes de données, l'opérateur humain n'étant pas un simple système linéaire. La démarche offre, cependant, d'énormes possibilités, en particulier dans l'appréciation de la charge mentale, problème notoirement complexe et très important. Les mesures physiologiques ordinaires n'ont donné que très peu de résultats jusqu'ici, malgré l'effort de recherche considérable. La démarche adoptée, par exemple, par Moray (1979) témoigne des courants actuels. Le domaine gagne de plus en plus de popularité, étant donné les indications selon lesquelles l'erreur de l'opérateur serait due principalement à une charge mentale excessive, et des principes utiles se dégagent.

On peut aborder les besoins en matière de contrôle de la même façon, soit en utilisant des modèles mathématiques de l'opérateur humain, et appliquer les principes généraux exposés ci-dessus.

Bref, «la répartition des tâches» est essentielle à l'élaboration du système, exige des connaissances très poussées et une compréhension des particularités de l'opérateur et suppose qu'il ait accordé une importance égale à ces connaissances au niveau de la conception. Les modifications de rattrapage sont inutiles et très coûteuses.

La conception du matériel et le plan du lieu de travail constituent un domaine où le problème se situe non pas au niveau de la complexité ou de l'insuffisance des recherches ou du manque de données pertinentes mais plutôt au niveau de ce qu'on pourrait appeler «le transfert d'informations». Les données abondent, dans les manuels, guides, rapports, offrant toutes les recommandations qu'on peut désirer en ce qui concerne les tailles corporelles et les dimensions démographiques, la dynamique du mouvement corporel, les forces qui peuvent jouer dans différentes configurations, les sensibilités sensorielles et la faculté de discernement dans la mesure où ils influent sur la lisibilité, l'intelligibilité et ainsi de suite. On dispose peut-être de trop d'informations, car beaucoup de concepteurs abandonnent simplement la partie et dessinent pour eux-mêmes. Les exemples abondent et peuvent être démontrés par quelques images. La solution réside dans l'adoption d'une approche méthodique du processus de conception, garantissant qu'au moins les données nécessaires pourront être dégagées assez tôt. Même là, il faut se montrer prudent, comme en atteste le récent incident finno-suédois au sujet de la Saab. La conception ergonomique des lieux de travail était considérée comme très importante et le plan était parfaitement adapté aux particularités de la population. Malheureusement, les données étaient suédoises et la population visée par l'opérateur, finnoise, ce qui est assez différent. Il faut être constamment sur ses gardes.

Je traiterai des problèmes de la constitution de l'effectif et de la formation en parallèle, dans le contexte de l'erreur et de fiabilité, car ces deux éléments sont en corrélation très étroite. J'insiste ici sur le fait que la linéarité du processus d'élaboration du système dont j'ai déjà tracé les grandes lignes, tient simplement aux contraintes imposées par l'imprimé. Je répète que nous sommes en face d'un processus marqué au coin d'une haute interaction. J'insisterais aussi sur le fait que la conception d'un sous-système de formation est soumise aux mêmes règles et contraintes que la conception du système global proprement dit. Qu'est-ce que l'erreur alors? Senders (1982), en étudiant l'erreur humaine et la fiabilité humaine dans le contexte du contrôle du processus, établit une distinction entre les erreurs qui tirent leur origine d'éléments intrinsèquement liés à l'opérateur, à savoir les erreurs endogènes, et celles qui proviennent de facteurs étrangers à l'opérateur, soit les erreurs exogènes, erreurs que nous essayons de limiter par la sélection, la formation, la pratique, dans le premier cas, et par un «bon plan», dans le second. C'est que même si nous n'avons pas encore saisi parfaitement la nature fondamentale de l'erreur, nous pouvons quand même nous attaquer au problème de sa réduction. Comme le fait remarquer Senders, «il est nettement avantageux de choisir des gens qui peuvent prendre les commandes, voir les indicateurs, lire les chiffres, comprendre le langage et ainsi de suite. Il est nettement avantageux de dire à ces gens quoi faire, c'est-à-dire de les former à l'intérieur du système. Il est nettement avantageux de concevoir les indicateurs, les commandes et le tableau de manière qu'ils soient à la portée de l'une des personnes ou de l'équipe. L'hypothèse simpliste de la linéarité selon laquelle le tout sera bien conçu si les parties le sont, reste à prouver, toutefois.» Comme la formation peut réduire le nombre d'erreurs endogènes, prêtons donc une attention particulière à la formation, même si notre vision imparfaite de la nature de l'erreur nous empêche toujours de déterminer le système de formation par excellence. Rappelons-nous que le contrôle du processus n'est pas différent de n'importe quel autre genre de spécialisation; pour devenir expert, il nous faut pratiquer, pratiquer, pratiquer jusqu'à ce que le mouvement devienne automatique. Telle est certes l'essence de toute spécialisation dont nous n'avons pas examiner les différentes composantes, même qu'il serait improductif de le faire, en réalité. Comme Schrodinger a déjà dit, «la conscience c'est devenir; l'inconscience, c'est être». Nous ne pouvons peut-être pas encore réussir parfaitement, mais nous pouvons au moins améliorer les choses. Nous pouvons améliorer le rendement en notant et en analysant tous les échanges entre l'opérateur et le système pour pouvoir déterminer les domaines où la pratique et des progrès s'imposent.

Ainsi, l'affirmation du *U.S. Maritime Transportation Research Board* (1981) selon laquelle. . .

> «Sur le plan technologique, les causes des catastrophes maritimes sont rarement compliquées et obscures. Il est bien connu et largement admis que les collisions, abordages et échouages sont dus, presque tous sans exception, à une forme quelconque d'erreur humaine. Pourtant, les causes sous-jacentes de l'erreur humaine sont peu connues ou comprises».

. . . est peut-être trop pessimiste. Par contre, son affirmation selon laquelle. . .

> «Il existe un rapport inverse entre les causes connues des accidents maritimes et les domaines où les recherches sont faites. Les catastrophes maritimes sont dues pour la plupart à une certaine forme d'erreur humaine, mais les ressources destinées aux recherches maritimes sont consacrées, dans la majorité des cas, à l'achat de matériel».

. . . mérite réflexion.

En conclusion, j'ai tenté, sans épuiser le sujet, d'esquisser un plan et de faire ressortir le besoin d'une approche méthodique de la conception des systèmes homme-machine. Ce plan n'écarte pas complètement le danger d'échec, mais il le réduit tout au moins : il vaut certes la peine d'améliorer les choses si nous en avons la possibilité. Le chameau est peut-être un cheval dessiné par un comité, mais pourquoi ne pas accorder au comité le mérite d'avoir au moins défini clairement ses besoins.

Bibliographie

(1) Bainbridge, Lisanne. «Diagnostic Skill in Process Operation». Travaux de la Conférence internationale sur l'ergonomie professionnelle de 1984, vol. 2 : études, H.F.A.C., Toronto, 1984.
(2) Hunter, I.M.L. «The Solving of 3-Term Series Problems». British Journal of Psychology, 1957, 48, 286-298.
(3) Moray, N.P. (Ed.). «*Mental Workload, Its Theory and Measurement*». New York, Plenum Press, 1979
(4) Senders, J.W. «Human Error and Human Reliability in Process Control». Dans Edgard, T.F. et D.E. Seborg (Ed.) Chemical Process Control 2, actes de la Engineering Foundation Conference. New York : American Institute of Chemical Engineers, 1982.
(5) Sheridan, T.B., et Verplank, W.L. «Human and Computer Control of Undersea Teleoperators». Man-Machine Systems Laboratory, M.I.T., projet NR 196-152. 1978.
(6) Wulfeck, J.W., et Zeitlin, L.R. «Human Capabilities and Limitations». Dans Gagne R.M. (Ed.), *Psychological Principles in System Development*. New York, Holt, Rinehart et Winston, 1962.
(7) Maritime Transportation Research Board, Commission on Sociotechnical Systems. «Research Needs to Reduce Maritime Collisions, Rammings and Groundings». National Academy Press, Washington (D.C.), 1981.

[1]Source: Niveaux d'automatisation dans le processus décisionnel homme-ordinateur, pour une démarche décisive élementaire simple (d'après Sheridan et Verplank, 1978).

[NOTE DE LA RÉDACTION À PROPOS DU DOCUMENT D]

M. Foley a discouru longuement sur les principes de l'ergonomie et sur les éléments de base qui composent les systèmes – sujets sur lesquels portait son exposé – plutôt que de lire son exposé aux participants. Il a donné des exemples de systèmes qu'on a conçus sans tenir compte des besoins et des capacités des opérateurs.

M. Foley a parlé des voitures nord-américaines des années 1970 que les utilisateurs moyens ne pouvaient pas faire fonctionner facilement même si elles étaient conformes aux normes. Exemple: la plupart des femmes avaient de la difficulté à freiner parce que la pédale de frein et le levier du frein à main étaient mal placés et que le freinage exigeait une force physique trop grande. L'utilisation des pédales et la visibilité que donnaient les voitures à l'utilisateur moyen de sexe masculin étaient aussi une source de difficultés parce que les concepteurs n'avaient pas assez tenu compte des dimensions physiques de la majorité des utilisateurs possibles. M. Foley a aussi parlé d'un défaut de conception architecturale de l'un des immeubles de l'Université de Toronto. Les fontaines de cet immeuble avaient été conçues particulièrement pour les personnes handicapées, mais elles étaient inaccessibles d'un fauteuil roulant; même les personnes non handicapées trouvaient difficile de les utiliser.

M. Foley a aussi traité des trois éléments dont s'occupe l'ergonome: la personne, la machine et l'information. Il a souligné l'importance de ne pas considérer ces éléments indépendamment les uns des autres. La façon dont un opérateur réagit à l'information, la façon dont l'information est présentée à l'opérateur, la façon dont l'opérateur traite l'information et contrôle ou fait fonctionner le système, sont au coeur de l'interaction homme-machine. Le conférencier a exprimé l'avis qu'un comité peut mieux qu'une seule personne concevoir un système nécessitant des interventions humaines et aussi que le spécialiste des facteurs humains devrait être consulté dès le début du processus de conception, au moment de la rédaction des spécifications. Il est essentiel d'avoir une connaissance étendue des facteurs humains pour déterminer le but et les exigences d'un système homme-machine ; il serait contre-productif de concevoir un système sans tenir compte des facteurs humains et de choisir ensuite du personnel pour le faire fonctionner. Les systèmes doivent être conçus en fonction des capacités qu'il est raisonnable d'attendre de l'opérateur humain moyen.

M. Foley a cité deux cas où les concepteurs n'ont pas assez tenu compte des facteurs humains et où les buts du système n'avaient pas été définis. Le premier cas est celui d'un malaxeur de béton qu'il était si difficile de charger et de décharger que les risques d'accidents graves étaient très élevés. Le second cas est celui de véhicules que les Forces canadiennes devaient utiliser dans l'Arctique. Les opérateurs portaient des vêtements de protection lourds et épais et il leur était très difficile de faire fonctionner les véhicules parce que les commandes et l'accès étaient trop petits.

M. Foley a aussi parlé de la question suivante: déterminer l'information nécessaire au fonctionnement du système et la meilleure façon de la présenter aux opérateurs. L'affichage des informations ne doit pas dérouter les opérateurs, il ne doit pas aller à l'encontre des stéréotypes de la population; les données doivent pouvoir être lues instantanément et être interprétées avec un minimum d'erreurs quelle que soit l'intensité du stress des opérateurs, et ce, aussi bien pendant un état d'urgence que dans une situation normale. Les modifications destinées à améliorer un système d'affichage des données ne doivent pas se faire par augmentation; elles doivent être basées sur une réévaluation des besoins originaux en information.

La nécessité d'assurer la continuité dans la mise en place des systèmes est un autre élément du processus de conception que M. Foley a illustré à l'aide de l'exemple suivant: dans certains aéronefs, la marche à suivre en cas d'éjection d'urgence figuraient sur une plaque fixée à la verrière; or, la première étape consistait à larguer la verrière et, par conséquent, la plaque contenant le reste des instructions.

M. Foley a déclaré que son exposé portait uniquement sur les principes de base de l'ergonomie et que ses exemples avaient pour but de bien faire voir la nécessité de tenir compte des facteurs humains dans le processus de conception des systèmes.

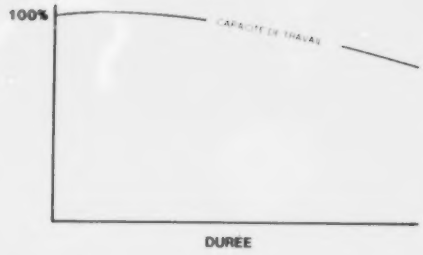


FIGURE 1

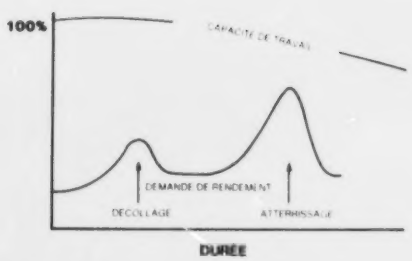


FIGURE 2

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT D

Dr H. Haakonson
Directeur médical
Pétro-Canada Ressources

Je ne peux qu'approuver les propos de M. Foley. Le fait que ce dernier provienne du milieu universitaire m'apparaît absolument primordial. Vouloir, aujourd'hui, construire une machine sans tenir compte des facteurs humains serait une erreur grossière, comme ce le serait de tenir compte de ces facteurs sans s'appuyer sur les principes énoncés par les chercheurs. L'exposé de M. Foley est d'une grande pertinence par rapport aux aspects pratiques dont nous traiterons, mon collègue et moi. M. Foley nous a entretenus de la première d'une série de mesures que nous essayons de prendre – ou peut-être que nous devrions essayer de prendre – afin de réduire les risques et, par la même occasion, d'augmenter la fiabilité de l'opérateur accomplissant des tâches délicates.

J'aimerais vous entretenir de trois sujets précis reliés à ma spécialité, la médecine. Je parlerai d'abord des comportements imprévus: pourquoi les gens ne font-ils pas ce qu'on attend d'eux dans des circonstances données? Je parlerai ensuite du stress associé aux événements ou accidents importants. La dernière partie de mon intervention portera sur le leadership.

COMPORTEMENTS IMPRÉVUS

Pour illustrer mes propos sur les comportements imprévus, je prendrai l'exemple d'un opérateur de grue étant donné qu'on trouve des opérateurs de grue à bord des installations de forage en mer. Imaginons une grue qui oblige le conducteur à lever un levier pour abaisser le dispositif de levage. Une grue ainsi conçue va à l'encontre des stéréotypes dont a parlé M. Foley. Il est permis de croire que le conducteur se trompera un jour parce que ses processus mentaux et l'habitude des gestes stéréotypés lui diront que pour abaisser une charge il faut abaisser le levier. Quand commettra-t-il l'erreur? Probablement au plus mauvais moment, quand la pression sera la plus forte. On voit qu'il est essentiel de tenir compte des facteurs humains quand on conçoit une machine.

Une fois la machine conçue, il faut donner à la personne qui l'utilisera une formation complète et appropriée lui permettant d'accomplir toutes les tâches prévues, et ce, quelles que soient les circonstances. Mais cela ne suffit pas. Les séances de formation doivent être suivies d'exercices, les exercices de nouvelles séances de formation, et ainsi de suite. Il ne sert à rien de préparer une personne à accomplir une tâche si on ne la soumet pas à des exercices pour voir ce qui arrivera sur le lieu de travail.

STRESS

Nous ne devons pas négliger de tenir compte de ce qu'on appelle souvent, dans le langage populaire, le stress. M. Foley, dans son exposé, déclare que «l'erreur de l'opérateur serait due principalement à une charge mentale excessive». On ne saurait trouver, pour vérifier cette affirmation, rien de mieux que les chasseurs modernes, où l'on a vraiment atteint la limite de surcharge de travail mental. Le cas des avions de chasse n'est pas unique.

Pour mieux comprendre, regardons le graphique portant sur le rendement en regard de la durée (figure 1) et imaginons une situation. Supposons que notre capacité de travail optimale est égale à environ 100 % et que, à mesure que la journée de travail avance et que la fatigue s'accroît ou que nous vieillissons et que notre corps devient de moins en moins apte à travailler, cette capacité de travail diminue.

Rapprochons la capacité de travail et la demande de rendement relative à une situation donnée. M. Foley nous donne un bon exemple, celui du pilote d'un avion commercial qui subit une augmentation de la demande de rendement à l'atterrissage et qui, pendant cette phase de son travail, voit sa fréquence cardiaque augmenter. Dans ce cas, on obtiendrait un graphique de rendement semblable à celui de la figure 2. La différence entre la capacité de travail et la demande de rendement est appelée «capacité d'être à la hauteur de la tâche» (partie de la capacité qui excède la capacité requise). Il s'agit de la capacité de faire face à une situation plus exigeante que celle à laquelle on fait face à l'instant précis.

Faisons entrer en ligne de compte d'autres facteurs, par exemple le stress. Imaginons un travailleur d'une installation de forage qui vient de prendre trois semaines de vacances, qui est de retour au travail depuis deux ou trois jours et qui a un peu mal aux cheveux (nous savons ce que les gens font souvent pendant leurs vacances, n'est-ce pas?). La capacité de travail de ce travailleur n'est pas aussi grande qu'en temps normal, peut-on croire. Supposons que ce travailleur vit une querelle de ménage et qu'en plus il est en mauvaise santé. Ce sont des possibilités bien réelles qui toutes peuvent, jusqu'à un certain point, diminuer la capacité de travail d'une personne (figure 3).

L'un de mes professeurs d'obstétrique disait que dans sa spécialité on vivait de

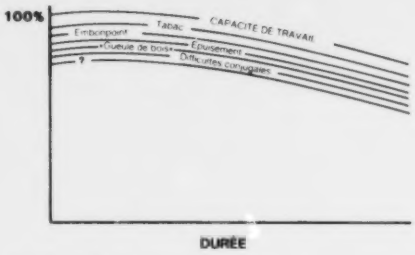


FIGURE 3

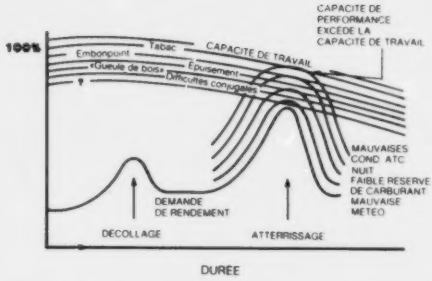


FIGURE 4

longues périodes d'ennui entrecoupées de courtes périodes de terreur absolue. Quand une complication survient pendant un accouchement, c'est un moment de terreur absolue. On dispose de très peu de temps pour prendre des décisions importantes et pour les exécuter correctement. Cette situation me fait penser aux tâches délicates qu'on doit accomplir dans l'industrie qui exploite les ressources de la mer, où de longues périodes ennuyeuses de surveillance sont entrecoupées de périodes pendant lesquelles, à cause d'un état d'urgence, des tâches décisives doivent être accomplies et où la demande de rendement augmente de façon appréciable. Cela est vrai de tout état d'urgence. Si l'état d'urgence survient la nuit, la demande de rendement sera un peu plus élevée. S'il survient quand la mer est déchaînée comme elle l'était quand l'*Ocean Ranger* a coulé, la demande de rendement sera démesurée; on court même le risque de voir la demande de rendement excéder la capacité de travail prévue (figure 4). Dans une telle situation, ce qui empêche l'événement d'avoir des conséquences désastreuses, c'est la formation et l'expérience du personnel ainsi que, je crois bien, la chance.

Pour que les opérateurs offrent un rendement maximal, il faut qu'ils soient aptes à accomplir leurs tâches à tous les points de vue, médical, physique, émotionnel et spirituel. Il est important que l'opérateur lui-même se sente apte à travailler, qu'il n'y ait pas que les autres (des médecins, par exemple) qui lui disent qu'il l'est. Quand nous parlons d'événements importants, nous devons établir clairement la différence entre un incident et un accident. Si ce qui peut faire la différence entre les deux, c'est l'expérience et la formation des travailleurs, ainsi que la chance, nous devons nous concentrer sur les facteurs que nous pouvons contrôler. Nous pouvons améliorer la situation en accordant aux incidents l'attention qu'ils méritent et en prenant les moyens qu'il faut pour qu'ils ne se transforment pas en accidents. C'est sur quoi je voudrais mettre l'accent.

Conjecturons un peu. Que pensez-vous qu'il serait arrivé si l'*Ocean Ranger* n'avait pas coulé? Je ne pense pas qu'on doute que l'accident de l'*Ocean Ranger* a eu pour effet d'augmenter la sécurité offshore. Mais que serait-il arrivé si l'*Ocean Ranger* n'avait pas coulé? On n'aurait pas accordé à l'affaire l'attention que l'on sait. Il est probable que les travailleurs de l'installation de forage se seraient contentés de dire, après la période de terreur: «On l'a échappé belle». Peut-être même ne se seraient-ils pas rendu compte de l'avoir échappé belle.

Ce n'est qu'en se préoccupant des situations dangereuses auxquelles des travailleurs ont échappé qu'on pourra prendre des mesures pour éviter les désastres. Pourquoi attendre que l'opérateur de grue laisse tomber une palette sur quelqu'un parce qu'il a levé un levier plutôt que de l'abaisser? Pourquoi ne pas considérer comme un incident toute situation où l'opérateur déplace le levier dans la mauvaise direction, de façon à ce que chaque incident soit porté à l'attention des surveillants? Quand un certain nombre d'incidents auront été signalés, on finira par se dire: «Il y a quelque chose qui cloche».

LEADERSHIP

Le leadership est extrêmement important en matière de sécurité. Il ne sert à rien de dire aux travailleurs quoi faire si, par notre exemple, nous ne leur montrons pas quoi faire. Pour terminer, je vous rappelle que c'est l'action humaine qui est la plus grande cause d'incidents et d'accidents. M. Foley termine son exposé en disant: «Les catastrophes maritimes sont dues pour la plupart à une certaine forme d'erreur humaine, mais les ressources destinées aux recherches maritimes sont consacrées, dans la majorité des cas, à l'achat de matériel». Je pense qu'il est temps, Mesdames et Messieurs, de dresser le bilan.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT D

H.L. Zinkgraf
Vice-président
SEDCO Inc.

Permettez-moi d'abord de dire que la notion de «compétence de l'opérateur» est une notion subjective qui doit être définie: quel est le degré de compétence nécessaire? pour quelle opération? dans quelles circonstances? La capacité d'une personne de contrôler une machine ou un système dépend de beaucoup de facteurs, dont ceux-ci:

1. aptitudes de base, instruction et, facteur très important, bon sens;
2. formation, portant sur le même système/machine ou sur un système/machine semblable;
3. expérience;
4. informations et données d'exploitation qui lui sont présentées;
5. éléments de contrôle nécessaires pour bien faire fonctionner le système/machine.

Nous devons présumer que les fonctions physiques nécessaires pour bien contrôler la machine ou le système n'excèdent pas les capacités de l'opérateur et qu'aucune qualité physique inhabituelle n'est nécessaire. Nous devons aussi présumer que la machine ou le système a été bien conçu et peut fonctionner comme il se doit. L'homme, tel que le voit l'ingénieur, est un servomécanisme complet. Il possède un ordinateur (le cerveau) capable de rationaliser (c'est-à-dire emmagasiner des données, tirer des conclusions et donner des instructions); il peut exécuter ses décisions avec ses bras, ses jambes, ses mains, ses pieds et ses doigts. Ses sens, la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat, et parfois le goût, lui permettent de recevoir des informations en retour. L'homme possède les mêmes qualités que le contrôleur d'une unité d'affichage d'instructions programmées; il peut fonctionner et fonctionne effectivement comme un système de contrôle à trois modes.

Prenons l'exemple d'une personne au volant d'une voiture. Son ordinateur (cerveau) reçoit continuellement des informations des yeux, des oreilles et du sens du toucher. Elle conduit la voiture, s'assure d'aller dans la bonne direction, de suivre le bon chemin, de rouler à une vitesse acceptable, et ce, tout en conversant avec un compagnon. Le conducteur, micro-seconde après micro-seconde, s'adapte aux conditions qui changent constamment, sans même en avoir conscience. Il se sert de toute sa puissance de calcul, de l'information qu'obtiennent ses capteurs et de ses servomécanismes; on dirait un système fonctionnant en boucle fermée. Vient le temps d'utiliser la capacité la plus importante. Un enfant roule à bicyclette, s'engage dangereusement dans la rue. Des capteurs (yeux) à l'ordinateur (cerveau) de l'automobiliste circule un message d'interruption ou d'alarme. Le conducteur analyse instantanément le message, décide quoi faire pour ne pas heurter l'enfant, transmet l'ordre (de freiner, dans le cas présent), communique l'ordre à son pied, exerce sur la pédale la pression jugée nécessaire, intègre la réponse à l'aide des sens de la vue et du toucher et appuie plus ou moins fort sur la pédale de frein selon le besoin. Peut-être le conducteur juge-t-il cette mesure inutile et décide-t-il de dévier de son chemin en se servant d'autres instruments (ses bras et ses mains); puis, le processus se répète. Quelle merveilleuse machine que ce conducteur, quand ses capteurs fonctionnent bien, quand son ordinateur est fonctionnel et quand ses servomécanismes exécutent les instructions; elle peut travailler, calculer, réagir, tant et aussi longtemps qu'elle est bien programmée. Le programme, ici, est très simple: éviter l'enfant.

Voyons maintenant comment on utilise les machines de ce genre dans le monde réel qui fait l'objet de cette Conférence: la sécurité dans les installations de forage en mer. Une installation mobile moderne de forage en mer est une machine complexe, qui est composée d'un grand nombre d'autres machines et de systèmes complexes. Si le concepteur, le propriétaire et l'opérateur ont bien fait leur travail, l'installation ne compte aucune machine, aucun système non important. Le système entier a été conçu et équipé pour ne remplir qu'une seule fonction: chercher de façon sûre et efficace des hydrocarbures; pour ce faire, creuser un trou à des centaines, voire à des millliers de pieds sous la mer. Je n'aurais pas le temps de parler de façon satisfaisante ne serait-ce que d'un faible pourcentage des systèmes exigeant de l'interaction homme-machine; je me concentrerai donc sur un système qui est important, compte tenu du but de la conférence: le contrôle des ballasts.

Dans ce système, l'interaction homme-machine est concentrée sur un panneau de contrôle. Ce panneau peut être réalisé selon plusieurs configurations; il peut être aussi simple ou aussi complexe que le décide le concepteur. Les fonctions de contrôle sont les suivantes: ouvrir et fermer les valves, mettre en marche et arrêter les pompes. Quant aux informations requises, ce sont celles-ci: affichage des niveaux, tirant d'eau aux colonnes cornières, inclinaison du navire dans les deux axes, état des valves et des pompes.

Ce système ne semble pas compliqué, mais il l'est. La première chose à faire, c'est

de présenter les données et les éléments de contrôle de façon logique et compréhensible:

1. La présentation du panneau de contrôle doit être graphique; la visualisation graphique des réservoirs, des valves, des pompes et des tuyaux doit suivre l'orientation du navire, l'avant du graphique, par exemple, doit correspondre à l'avant du navire.
2. Les valves, réservoirs et pompes doivent recevoir une marque d'identification qui les rend uniques.
3. Les indicateurs des valves doivent être clairs: «Ouvert», une couleur; «Fermé», une autre couleur. Il faut utiliser un moyen pour faire savoir que les valves s'ouvrent ou se ferment (lampes clignotantes, cadran mobile, etc.); il faut aussi que la direction du mouvement soit indiquée.
4. Le contrôle des pompes doit lui aussi avoir une visualisation logique de l'état des pompes (En marche ou Arrêté); il faut aussi indiquer la dynamique du fonctionnement (charge des moteurs, écoulement).
5. Les niveaux (hauteur ou quantité en tonnes) doivent être affichés en permanence; il faut pouvoir évaluer le taux de variation et la direction des changements.
6. Le tirant d'eau doit être affiché en permanence; l'amortissement (ou moyenne) doit être suffisant pour que l'action des vagues ne rende pas les lectures inutiles.
7. L'inclinaison du navire doit être affichée d'une manière directe et non ambiguë, en suivant les coordonnées du navire.

Ce qui précède ne représente que le minimum des indicateurs de commandes nécessaires. Plus les indicateurs sont directs et simples, mieux c'est. La personne qui fait fonctionner une machine doit devenir l'une des parties du système. Elle doit instinctivement chercher l'indicateur en regardant l'affichage dans la bonne direction; elle doit être sensible aux changements de comportement de l'installation et connaître, à cette fin, le débit des réservoirs ou les variations de la hauteur ou de la masse du contenu des réservoirs. Cela n'est possible qu'aux conditions suivantes:

1. L'opérateur doit avoir été bien formé et être expérimenté. Il doit avoir reçu un enseignement sur les principes de la théorie de la stabilité appliquée à la plate-forme sur laquelle il travaille.
2. Il doit exister un plan des opérations de ballastage conçu spécialement pour la plate-forme, c'est-à-dire pour en contrôler de façon sécuritaire l'assiette et l'inclinaison seules des corrections mineures étant nécessaires pour tenir compte des variables de chargement. Ce qui précède s'applique aussi bien au remplissage qu'à la vidange des ballasts. Les instructions doivent être concises et claires.
3. L'opérateur doit avoir reçu la formation voulue et avoir assez d'expérience pour accomplir presque machinalement les tâches nécessaires à la réalisation du plan.
4. Des alarmes visuelles et sonores doivent attirer l'attention de l'opérateur quand le navire est dans un état de non équilibre qui excède un point déterminé.

Le concepteur doit veiller à donner à l'opérateur les informations nécessaires à l'exécution sûre des opérations de ballastage. Il ne doit pas encombrer le panneau de contrôle d'indicateurs ou de commandes qui risqueraient de dérouter l'opérateur. Nous avons découvert qu'il est très utile que la personne chargée des opérations de ballastage apprenne à travailler à l'aide d'un ordinateur programmé pour calculer la marge de stabilité, l'assiette et la gîte de l'installation quelle que soit sa charge et pour endommager tout compartiment, espace vide ou réservoir. Cet instrument de formation permet à l'opérateur de planifier les mesures à prendre en cas d'urgence. Nous avons installé des systèmes en ligne où les données sur la charge des réservoirs sont continuellement introduites dans l'ordinateur et où la stabilité est calculée toutes les secondes. Nous en avons aussi mis en oeuvre, qui sont exploités en autonome et où les informations sont introduites manuellement. Je ne dis pas que les installations de ce genre sont indispensables, mais elles sont utiles sur le plan des opérations et de la formation. Elles ne libèrent pas l'opérateur de l'obligation de calculer la stabilité manuellement.

Pour conclure, je vous laisse cette pensée: une personne bien formée et bien équipée peut accomplir avec compétence des tâches complexes; cette personne est indispensable et irremplaçable.

Résumé de la discussion générale

M. G.L. Hargreaves (conseiller, Royaume-Uni) a parlé de prétendues méthodes de formation utilisées pendant la Première Guerre mondiale: on divisait des tâches complexes en de nombreuses tâches simples afin de pouvoir former très rapidement les personnes chargées de les accomplir. Il en est résulté que les opérateurs trouvaient leur travail ennuyeux et que la fréquence des accidents a augmenté. Selon M. Hargreaves, des recherches ont démontré, en Suède, qu'il est probablement préférable de donner aux opérateurs une formation plus poussée qui leur permet de faire preuve de discernement et d'initiative, et d'augmenter ainsi leur efficacité.

M. P. Foley (Département du génie industriel, Université de Toronto) pense lui aussi que la formation, en tant que partie intégrante d'un système, doit viser à augmenter la fiabilité du système en réduisant le nombre des erreurs des opérateurs. L'une des méthodes prévoirait de fournir aux opérateurs un modèle interne ou une compréhension du système qu'ils feront fonctionner et de leur apprendre à contrôler les activités qui s'écartent du modèle. Une autre méthode consisterait à enseigner aux opérateurs un ensemble de règles de fonctionnement, sans leur faire connaître la totalité du système. M. Foley croit que la meilleure solution serait une synthèse de ces méthodes, et que tout programme de formation devrait permettre l'acquisition d'un modèle interne qui, joint à un système d'affichage optimal, rendra la personne moyenne capable d'accomplir la tâche. On peut aussi réduire le nombre des erreurs des opérateurs au moyen du processus de sélection du personnel étant donné que la qualification d'une personne révèle ses possibilités et le modèle interne qu'elle a acquis. Quant aux erreurs dues à des défauts de conception des machines (oubli de se conformer aux stéréotypes de la population, etc.), on peut les éliminer en modifiant les machines.

M. A.E. Collin (Énergie, Mines et Ressources Canada) a souligné trois différences entre le forage terrestre et le forage en mer, dont il faut tenir compte dans la gestion et la formation des travailleurs des installations de forage en mer: 1) ces travailleurs doivent s'habituer au mouvement constant de l'installation pendant le travail; 2) l'environnement extérieur des installations de forage en mer ne permet pas aux travailleurs de bénéficier du même soutien psychologique que les employés des installations de forage terrestres; 3) l'installation de forage en mer doit fournir aux travailleurs une bonne protection contre un environnement potentiellement hostile. Les concepteurs qui voient l'installation de forage en mer comme une île doivent se montrer prudents et envisager minutieusement les situations où l'installation n'est pas une île qui se suffit à elle-même et doit se défendre contre un environnement implacable qui n'offre pas les mêmes possibilités d'échapper aux dangers qu'un environnement terrestre.

M. H.L. Zinkgraf (SEDCO Inc.) a confirmé que ces éléments sont connus de l'industrie et qu'on emploie toutes les ressources disponibles pour rendre le forage en mer plus efficace et moins dangereux pour les travailleurs.

Dr O.M. Solandt a déclaré qu'il est important de tenir compte des limites des capacités humaines au cours de la conception des machines et qu'on ne devrait pas accabler les opérateurs d'informations complexes ou non pertinentes qui ne contribuent pas au fonctionnement du système. Il a aussi mentionné que même si la Conférence a porté sur les facteurs humains intervenant dans le fonctionnement des sous-systèmes d'une installation de forage, il est important d'étudier un autre aspect de l'interaction homme-machine: celui d'un équipage entier qui, en tant que partie du système complexe que constitue une installation de forage, fonctionne comme un tout.

R. McGrath
Vice-président, Forage
Petro-Canada

M. McGrath est titulaire d'un baccalauréat en génie mécanique et, de 1966 à 1977, a travaillé pour Mobil Oil Canada à divers postes techniques. En 1977, il passe au service de la Gulf Oil comme coordonnateur du forage offshore et directeur de la Division du forage. Depuis 1980, il travaille pour Petro-Canada; il y occupe le poste de vice-président (forage) et assume la responsabilité des activités de forage terrestre et sous-marin, y compris dans la région atlantique de cette société.

DOCUMENT E

Organisation et gestion

RÉSUMÉ

Le présent document traite de l'efficacité de la gestion et de l'organisation humaine des opérations au large de la côte est du Canada, en temps normal comme en cas d'imprévu. Il situe les structures d'organisation et de commandement ainsi que les méthodes de communication utilisées dans le cadre des programmes d'exploration offshore, par rapport aux dimensions historiques du forage offshore, au naufrage de l'*Ocean Ranger*, au milieu et à la nature des opérations maritimes et des travaux de forage. Le document examine les récentes mesures du gouvernement et de l'industrie visant à accroître la sécurité des travailleurs offshore, les structures d'organisation et de commandement et les éléments à la base d'une intervention efficace en cas d'urgence. Les conclusions qu'il présente sont fondées sur les pratiques actuelles. Le document conclut à l'efficacité des structures de gestion actuelles dans l'ensemble. Il y est fait aussi état de plusieurs questions connexes non réglées sur lesquelles l'industrie et le gouvernement doivent se pencher, croyons-nous, pour accroître la sécurité au large des côtes.

CONTEXTE

La perte de l'*Ocean Ranger* est un incident regrettable qui, compte tenu de la conception de l'installation de forage et de l'expérience de l'industrie, n'aurait jamais dû se produire. Mais l'*Ocean Ranger* a bel et bien été perdue et, en conséquence, la présente commission, l'industrie et le gouvernement s'emploient à déterminer les causes de l'incident et, en second lieu, envisagent et, dans certains cas, appliquent de nouvelles lignes directrices, normes et procédures dans un effort visant à rendre l'offshore plus sûr comme lieu de travail pour toutes les unités de forage, les réseaux de soutien et les personnes qui vivent de l'exploitation du pétrole et du gaz au large des côtes canadiennes.

L'exploration du pétrole et du gaz offshore date du début des années 1900 et, depuis ce temps, quelque 45 000 puits offshore ont été forés de par le monde. Au fur et à mesure de l'accroissement de la demande de pétrole, les travaux d'exploration ont gagné les eaux plus profondes et les milieux plus rudes. La technologie a dû faire des progrès rapides pour relever le défi. Le forage offshore a évolué, l'industrie passant successivement de l'unité de forage classique installée sur une plate-forme en bois au-dessus de l'eau à l'unité installée sur des barges submergées, à l'unité de forage submersible, à la plate-forme auto-élévatrice, à la barge flottante ancrée, au navire de forage ancré, à la semi-submersible ancrée, au navire de forage au positionnement dynamique et, finalement, à la semi-submersible au positionnement dynamique. Chaque progrès a obligé l'industrie à mettre au point des procédés, du matériel et des outils nouveaux et à faire appel à des équipes mieux formées et mieux qualifiées pour assurer la sécurité et l'efficacité des travaux de forage dans les nouvelles régions pionnières.

L'évolution ne s'est pas faite sans anicroche. Entre les années 1955 et 1981, on a enregistré un total de 140 incidents dont 47 se sont soldés par la perte en mer ou la mise au rancart de l'unité de forage mobile.

Les travaux au large de la côte est du Canada ont commencé en 1966 sur les Grands bancs avec le navire de forage ancré *Glomar Sirte*. Depuis ce temps, quelque 200 puits ont été forés au large de la côte est du Canada – du plateau continental Scotian au détroit de Davis – à l'aide de 15 navires de forage, de 7 plates-formes autoélévatrices et de 16 semi-submersibles. Les unités de forage ont été choisies en fonction de la profondeur de l'eau, de l'environnement, du programme de forage des puits, du calendrier des travaux, et dans certains cas, des unités disponibles. Deux incidents importants ont, récemment, terni la réputation que l'industrie s'était acquise sur la côte est du Canada sous les rapports de la sécurité et de l'efficacité, soit la perte de l'*Ocean Ranger* et l'éruption du puits de l'Uniacke. Ces événements ont fait prendre conscience à l'industrie et au gouvernement que le Canada n'est pas à l'abri de tels accidents.

Ce qui ne veut pas dire qu'avant l'un ou l'autre de ces incidents, le gouvernement n'obligeait pas les exploitants offshore à prouver l'existence d'un système de gestion satisfaisant ou que ceux-ci ne répondaient pas aux normes fixées par la réglementation qu'ils dépassaient, dans la majorité des cas. Tout au contraire – nous sommes persuadés que l'industrie était profondément consciente de la nécessité d'adapter les systèmes de gestion aux progrès en matière de technologie marine et de forage. Le succès des mesures prises face à l'éruption de l'Uniacke est peut-être dû en partie à l'attention portée récemment à la planification des mesures d'intervention en cas d'urgence comme conséquence directe de la perte de l'*Ocean Ranger*, principalement en ce qui a trait à la coordination des efforts

de l'exploitant, de l'entrepreneur, des services de soutien, des plans de réglementation et des ressources qui se poursuit depuis février 1982.

Mais même avec la coordination des plans, il existe quand même des éléments (limites du matériel, milieu marin) qui réduisent notre capacité à faire face à une situation d'urgence en mer. Si l'on considère la dimension marine du forage offshore, il est généralement admis que le personnel et l'équipement courent un certain danger. À mesure que les opérations offshore ont gagné des milieux plus rudes, on a prêté une attention accrue au système de soutien et de réserve à mettre en place pour assurer la sécurité et le succès des opérations, comme l'illustrent actuellement les programmes de formation et de prévention axés sur les différentes activités de tous les équipages offshore, la conception et la sélection du matériel en fonction du milieu de travail, le matériel de survie et les dispositifs sophistiqués d'intervention en cas d'urgence et l'application des techniques de communication par satellite. Le niveau de soutien important assuré aux opérations de forage offshore est sans égal si on le compare avec celui qui est offert pour les activités marines classiques telles que la navigation et la pêche.

DESCRIPTION DU MILIEU

Le milieu physique au large de la côte est du Canada est aussi varié et rude que n'importe quel autre dans les zones d'exploration et d'exploitation offshore du globe. Dans les secteurs de la mer du Labrador et du détroit de Davis, les travaux de forage s'étendent de juillet à novembre; les glaces gênent les opérations au début de la saison de forage qui prend fin avec les grosses tempêtes de l'automne. La présence d'icebergs exige une surveillance et une gestion constantes dont dépendent la sécurité et le succès des opérations. Les conditions de la glace, la profondeur de l'eau, la température et la saison de forage assez courte avantagent le navire en positionnement dynamique qui peut s'éloigner à l'approche de glaces ou d'icebergs et être réaccouplé rapidement au puits, une fois le danger passé.

Sur les Grands bancs, les icebergs et les glaces – qui peuvent être présents une année et absents l'autre – constituent également des facteurs importants. Des semi-submersibles conçues spécialement pour des milieux très rudes et pour gros temps ont été utilisées sur les Grands bancs du fait que leurs possibilités plus grandes sur le plan du mouvement permettent l'exploitation à longueur d'année. Même ces semi-submersibles ne sont pas conçues pour des travaux dans la glace, de sorte que les travaux de forage sont temporairement suspendus lorsque la glace envahit le lieu de forage. Cela s'est produit en février et en mars 1983 lorsque la glace a recouvert des portions des secteurs d'exploration sur les Grands bancs. La glace écourte aussi la saison de forage dans le golfe Saint-Laurent. Il se forme rarement de la glace sur le plateau continental Scotian, mais les tempêtes hivernales imposent l'utilisation de semi-submersibles conçues spécialement pour des milieux rudes, lorsque la profondeur de l'eau dépasse 60 mètres et de grandes installations autoélévatrices de la nouvelle génération dans les eaux moins profondes.

D'autres facteurs environnementaux jouent et doivent entrer en ligne de compte dans les plans d'action visant à assurer la sécurité des opérations, dont le froid et la température de la mer qui forcent l'industrie à hiveriser et à protéger les machines et les lieux de travail et à prévoir des canots de sauvetage couverts, des vedettes de sauvetage et des combinaisons de survie isolantes pour les équipages qui voyagent par hélicoptère ou qui peuvent avoir à abandonner le navire; la brume qui réduit la visibilité et qui complique la gestion logistique essentielle des déplacements des équipages et le givre qui se forme sur le navire de soutien et les super-structures de l'unité de forage et qui les oblige à réduire la charge en pontée en fonction de l'accumulation de glace calculée. Les hélicoptères ne peuvent décoller lorsqu'il y a danger de givrage. Importants quoique moins déterminants, les courants océaniques doivent entrer en ligne de compte dans l'analyse du système d'amarrage de la semi-submersible, l'analyse du moment de renversement et l'étude des supports de fondation ou des effets de l'affouillement sur les plates-formes autoélévatrices. Les marées n'ont pas gêné les opérations jusqu'ici sauf à l'embouchure du détroit d'Hudson où les marées et les mouvements consécutifs de l'eau font en sorte qu'il doit être tenu compte des courants accompagnant la marée dans les méthodes de fonctionnement.

MESURES DE PLANIFICATION DE L'INTERVENTION

Depuis le début des opérations offshore en 1966, les sociétés d'exploitation, les entrepreneurs en forage et le gouvernement ont sans cesse cherché à accroître la sécurité des travailleurs offshore. Des plans d'intervention en cas d'urgence ainsi que des règles et lignes directrices opérationnelles ont été élaborées et édictées pour permettre d'intervenir rapidement en cas d'imprévu. Elles ne valent, toutefois, que ce que valent le matériel, l'expérience et la formation du personnel, le système de communications ainsi que l'organisation et la structure de commandement. La perte de l'équipage de l'*Ocean Ranger* a mis en évidence certaines lacunes du système. Depuis que l'*Ocean Ranger* a sombré, les travaux de planification des mesures à prendre en cas d'urgence ont été intensifiés et de nouveaux programmes ont été entrepris, de concert avec le gouvernement, pour accroître la sécurité des travailleurs offshore. Des améliorations ont été apportées, dont celles-ci:

1. Accords entre plusieurs exploitants. Dans les secteurs où l'on compte plus d'un exploitant, des ententes sont conclues entre les exploitants pour accroître la sécurité offshore grâce à la coordination des communications et du soutien logistique, y compris les accords suivants dans le cas des Grands bancs:
   - Plan de surveillance aérienne-maritime
   - Accord sur la coordination des mesures d'intervention en cas d'alerte ou d'urgence des exploitants des Grands bancs
   - Accords sur la mise en commun des ressources d'intervention en cas d'urgence des exploitants des Grands bancs
   - Accord d'affectation et de sous-affrètement des embarcations auxiliaires
   - Plan commun de reconnaissance et de signalisation des glaces des exploitants des Grands bancs
   - Comité de gestion des exploitants de la côte est.
2. Plan d'intervention en cas d'urgence. Les personnes à qui incombe la tâche d'intervenir en cas d'urgence sont ordinairement choisies en fonction de leur charge et de leur expérience. Le plan d'intervention en cas d'urgence leur sert de point de repère, mais il est destiné d'abord et avant tout aux personnes qui pourraient avoir à les seconder ou à les remplacer dans une situation critique donnée. Le plan d'intervention en cas d'urgence fournit des indications relatives aux personnes et au matériel auxquels il faut recourir pour faire face à toute situation d'urgence qui pourrait se produire. On a fait rédiger, par l'entremise du Comité de la sécurité offshore de la côte est du Canada (CSOCEC), un manuel d'intervention en cas d'urgence à l'usage des exploitants dont les entreprises pourront s'inspirer. Les situations d'urgence visées par le plan sont les suivantes:
   - Code 1 – Blessures ou décès (uniquement)
   - Code 2 – Puits hors de contrôle
   - Code 3 – Endommagement de la plate-forme ou risque d'endommagement de la plate-forme

- Code 4 – Avions en retard ou perdus
- Code 5 – Navires perdus ou en perdition
- Code 6 – Plongeurs
- Code 7 – Déversement d'hydrocarbures

Pour une action rapide, il importe de communiquer sans tarder aux personnes chargées d'intervenir tous les détails importants. Le personnel sur place doit absolument posséder la formation et l'expérience de même que le savoir-faire nécessaires. Par la tenue de fréquents exercices de communication, on peut juger si le personnel sur place et sur la côte est en mesure d'intervenir efficacement en cas d'urgence.

3. Plans d'intervention en cas d'alerte. On a élaboré et mis en application des plans d'intervention en cas d'alerte permettant de faire face à certaines situations exceptionnelles qui sans peut-être exiger une action immédiate, peuvent donner lieu à un grave accident. L'application du plan d'intervention en cas d'alerte est coordonnée avec les autres exploitants offshore du voisinage immédiat pour assurer l'optimisation de toutes les ressources disponibles.

4. Manuels d'intervention en cas d'alerte ou d'urgence. La mise au point récente de manuels combinés d'intervention en cas d'alerte/d'urgence a constitué une suite logique de la prise de conscience du fait qu'un manuel peut couvrir ces deux types d'intervention, que l'étape ALERTE est absente de certaines interventions et que, dans bien des cas, l'intervention (tout comme d'ailleurs l'équipe d'intervention) est la même, qu'il s'agisse d'une alerte ou d'une situation d'urgence.

5. Plan d'action visant les glaces et icebergs. On a élaboré et mis en application des plans d'action visant les opérations menées dans les eaux envahies par les glaces. Chacun de ces plans fournit des indications à suivre pour repérer les glaces et pour parer rapidement au danger qu'elles présentent. Si le danger ne peut être écarté, on recommande alors de quitter les lieux. Le système mixte de reconnaissance et de signalisation des glaces des exploitants des Grands bancs constitue un système coordonné de collecte d'informations par lequel toutes les observations faites sur les glaces sont compilées et des discussions conjointes interviennent sur les questions concernant les glaces.

6. Règles à suivre par gros temps. Des lignes directrices ont été mises en application afin que les mesures nécessaires soient prises pour assurer une suspension sûre et ordonnée des activités lorsqu'on annonce du mauvais temps. Pour protéger à la fois le personnel et l'équipement, on peut prendre une série de mesures préventives adaptées à la gravité de la situation. Les mesures en question se classent comme suit:

- suspendre les opérations de forage et pendre la garniture de forage
- désaccoupler l'installation et le puits
- assurer le déballastage jusqu'au tirant d'eau de survie
- lever l'ancre et s'éloigner
- évacuer le navire de forage.

7. Surveillance aérienne et maritime. Tous les vols en partance de la côte et de l'unité de forage sont contrôlés par le centre de suivi de vol. L'entrepreneur assure la surveillance des opérations héliportées courantes et d'urgence et fait aussi le point en ce qui concerne l'état et la position du navire de soutien. L'avantage d'un centre de contrôle en cas d'urgence, c'est qu'il permet de déterminer tout de suite l'avion ou le navire le mieux placé pour intervenir et porter secours.

ORGANISATION ET GESTION

Nous croyons que dans leur état actuel, les structures organisationnelles des activités offshore permettent d'assurer la sécurité du personnel et du matériel en temps normal comme en cas d'urgence. Les exploitants, entrepreneurs et organismes de réglementation de la côte est font passer la sécurité d'abord, l'industrie sachant très bien qu'elle est indispensable au succès des opérations. Les exploitants à l'oeuvre sur la côte est du Canada n'ont pas tous la même expérience ni la même connaissance des opérations. L'entrepreneur de forage tout nouveau dans le secteur qui travaille pour un exploitant inexpérimenté est défavorisé dans sa capacité à s'adapter aux conditions locales et aux normes fixées par la réglementation. Cette équipe exploitant/entrepreneur compte énormément sur les connaissances des exploitants et entrepreneurs d'expérience. C'est grâce à cette mise en commun des connaissances et des expériences qu'on peut éviter des catastrophes et qu'on accélère le processus d'apprentissage.

ORGANISATION DES ACTIVITÉS COURANTES

Pour les activités courantes de forage, la structure organisationnelle est formée de deux éléments distincts, à savoir l'organisation de l'exploitant et l'organisation des principaux entrepreneurs, outre la structure de commandement à bord. Le programme d'exploration s'articule généralement autour de la compagnie pétrolière ou l'exploitant. Les responsabilités de ce dernier sont les suivantes:

1. Définir le programme d'exploration.
2. Retenir par contrat les services de l'unité de forage, de l'hélicoptère ainsi que les éléments marins et de soutien requis par le programme.
3. Communiquer directement avec les organismes de réglementation sur tout ce qui touche au programme. Les organismes de réglementation traitent directement avec l'exploitant dans l'octroi des autorisations visant le programme.
4. Établir et maintenir une base côtière offrant les matériaux, les fournitures et le soutien administratif et technique nécessaires aux opérations.
5. Élaborer et mettre en application des plans d'intervention en cas d'urgence et faire respecter toutes les règles et consignes de sécurité.

La structure de gestion de l'exploitant comprend les éléments suivants:

1. La haute direction qui, depuis le siège social de l'exploitant, assure la liaison avec le groupe client et les associés en ce qui concerne le calendrier des travaux et les ressources financières consacrées aux travaux d'exploration en cours et à venir.
2. La direction des opérations dont les bureaux se trouvent habituellement dans les environs immédiats du lieu de forage, ex. Saint-Jean, Halifax. Le bureau des opérations suit le déroulement quotidien des travaux de forage, assure le soutien logistique et recrute le personnel de la base pour garantir que le matériel, les services et les fournitures nécessaires à l'exécution du programme de forage sont fournis à temps et sont aussi bon marché que possible. Il communique aussi chaque jour avec le représentant principal de l'exploitant à bord de l'unité de forage pour garantir qu'il est pourvu à ses besoins et que les travaux de forage progressent comme prévu, renseigne les organismes de réglementation sur la progression des travaux ainsi que sur les activités en cours et prévues, assure la liaison avec l'entrepreneur de forage et les sous-entrepreneurs quant aux exigences et besoins, voit au bon fonctionnement du système de communication en tout temps, prend avis auprès d'autres exploitants relativement aux besoins éventuels et à la mise en commun des ressources et se met en rapport avec la haute direction, s'il y a lieu.
3. La surveillance à bord est assurée par le représentant principal de l'exploitant, qui est chargé de faire en sorte que le programme de forage soit suivi et que les objectifs en la matière soient atteints tout en se préoccupant de la sécurité, de l'efficacité et de la protection de l'environnement. Le représentant principal de l'exploitant met le représentant de l'entrepreneur de forage à bord au courant des exigences de l'exploitant.

L'organisation de l'entrepreneur de forage comprend les éléments suivants:

1. La haute direction qui, depuis le siège social de l'entrepreneur de forage, négocie le contrat de forage et fixe les règles et procédures visant la conduite des opérations.
2. Le personnel de gestion et de soutien côtier installé à proximité de la base de l'exploitant à terre. Le personnel en question a pour mission de suivre l'avancement des travaux de l'unité de forage, d'acheter et d'expédier les fournitures et matériaux nécessaires à l'entretien du matériel des entrepreneurs, de veiller à ce que les équipages faisant le roulement soient bien formés et expérimentés, de prendre avis auprès de l'exploitant au sujet des activités en cours et prévues et d'assurer la liaison avec les autres entrepreneurs actifs dans le secteur. Les gestionnaires à terre doivent répondre à la haute direction de l'exploitant et de l'entrepreneur de forage, de la sécurité et de l'efficacité des opérations menées conformément aux règlements et lignes directrices applicables et aux bonnes pratiques en usage à bord.
3. L'organisation de l'entrepreneur de forage à bord comprend l'équipage et l'équipe de forage. À l'échelle internationale, l'organisation hiérarchique à bord varie en fonction du genre d'unité de forage, de son pavillon, de l'entrepreneur et de l'exploitant. Il est difficile, voire peu réaliste dans la majorité des cas de combiner ou de changer ces organisations qui ont à leur actif un certain nombre d'années d'expérience et de succès. Dans les eaux canadiennes, on privilégie la structure de commandement commune, la responsabilité de la sécurité du navire et de l'équipe incombant à une seule et même personne.

Des informations sont fournies à l'unité de forage à l'intention de l'exploitant et de l'entrepreneur, y compris des renseignements concernant les points suivants:

- le milieu, la glace et l'état de la mer
- les changements souhaités au plan approuvé en ce qui concerne le puits
- la position de l'avion, de l'hélicoptère et du navire
- le plan et la situation du ravitaillement.

L'information émanant de l'unité de forage concerne les points suivants, notamment:

- les conditions climatiques et les glaces (l'information reçue sert aux prévisions)
- l'avancement des travaux (rapport quotidien)
- les activités prévues
- l'état de l'équipement
- la situation du ravitaillement.

Le système de communications fait appel à des techniques de pointe comportant assez d'éléments en double pour assurer des communications parfaitement fiables.

On utilise au large de la côte est du Canada trois grands types d'unités de forage dont nous traiterons séparément, à cause des différences au niveau des exigences opérationnelles. Le rôle du représentant de l'opérateur à bord est le même pour tous les cas examinés ci-dessous: il consiste à faire en sorte que les normes réglementaires et les lignes directrices de l'exploitant soient suivies ou entrent en ligne de compte dans le processus décisionnel.

Plate-forme auto-élévatrice

La responsabilité de la plate-forme auto-élévatrice qui est prise en remorque et qui est classée à ce moment-là comme navire incombe au commandant de la barge ou au transporteur. Elle est cédée en bonne et due forme par écrit au représentant officiel de l'entrepreneur une fois que la plate-forme est arrivée à destination et qu'elle est fixe. Ce dernier est alors responsable de l'exécution des travaux de forage et de la sécurité de l'équipe et du matériel. Au terme des opérations de forage, la responsabilité de la plate-forme qui est alors prête à être déménagée, est à nouveau officiellement transférée au transporteur.

Navire de forage

Assujetti à la Loi sur la marine marchande du Canada, le navire de forage requiert la présence à bord d'un maître d'équipage détenteur d'un certificat de capitaine au long cours sans restriction. Il en existe deux types: le navire de forage à positionnement dynamique et le navire de forage ancré. Le premier est maintenu au-dessus du puits par des propulseurs, de sorte qu'il faut faire appel en tout temps à des spécialistes des opérations maritimes et que, en conséquence, le capitaine est le seul maître à bord. Pour le second, toutefois, le capitaine n'exerce d'ordinaire le commandement que lorsque le navire est en mouvement. Autrement, il est responsable de la sécurité du navire et de l'équipage et de l'entretien de la station tandis que le contremaître de la plate-forme est chargé des travaux de forage et du contrôle du puits. En cas d'urgence, le capitaine prend seul le commandement.

Semi-submersible

La semi-submersible autopropulsée est classée comme navire et, comme telle, requiert la présence à bord d'un capitaine ou d'un capitaine au long cours. Toutefois, les structures à deux coques stabilisées par colonnes comme les semi-submersibles ne fonctionnent pas comme des navires ordinaires et sont équipées de systèmes perfectionnés de balastage assurant la stabilité. L'industrie reconnaît, à notre avis, que le commandement d'une unité de forage semi-submersible doit posséder une connaissance approfondie des opérations maritimes et des travaux de forage tout à la fois.

Il existe deux structures de commandement de base pour les unités de forage semi-submersibles, soit le modèle européen et le modèle américain. Le modèle européen est calqué sur la structure de commandement maritime classique où le capitaine exerce le commandement. Normalement, le commandant doit être détenteur d'un certificat de capitaine au long cours et avoir servi d'officier subalterne sur une semi-submersible pendant au moins deux ans avant de prendre le commandement. Ce modèle comporte deux variantes:

1. Le capitaine exerce seul le commandement des opérations de forage et des opérations maritimes.

2. En temps normal, le capitaine est responsable de l'équipage tandis que le chef foreur est chargé des opérations de forage. Le capitaine prend seul le commandement lorsque le navire ou l'équipage est en danger.

Dans le modèle américain, le représentant principal de l'entrepreneur est le seul maître à bord en tout temps. Cette personne connaît parfaitement les opérations de forage, a reçu une formation en ce qui concerne les opérations maritimes et doit être détenteur d'un certificat de capitaine d'unité MODU stabilisée par colonne. Le capitaine reste responsable de la formation des équipes en matière de sécurité et reçoit le commandement de l'unité lorsqu'elle voyage.

En tant qu'exploitants, nous souscrivons au principe selon lequel il ne doit y avoir qu'un seul maître à bord en tout temps. Quelle que soit la personne qui commande, celle-ci doit avoir l'expérience de la gestion et de l'organisation, être au fait des techniques de forage et de contrôle du puits, être consciente des limites de l'unité de forage et de la complexité de la logistique de soutien et connaître parfaitement le milieu marin. Si c'est le capitaine qui commande, il doit avoir une bonne idée des opérations de forage et doit avoir servi auparavant comme officier subalterne sur une MODU. Si, par contre, le commandement est exercé par le représentant principal de l'entrepreneur à bord, celui-ci doit connaître parfaitement les semi-submersibles et être détenteur d'un certificat de capitaine d'unité MODU.

ORGANISATION D'INTERVENTION EN CAS D'URGENCE

La sécurité constitue le souci premier dans une situation d'urgence, et pour faire face de façon efficace et organisée à une telle situation, il est indispensable de savoir exactement qui commande. Les responsabilités à assumer et les mesures à prendre en cas d'urgence sont clairement définies dans les manuels de planification de l'intervention en cas d'alerte et d'urgence. La structure d'intervention en cas d'urgence varie d'un exploitant à l'autre, mais elle correspond d'habitude, à peu de choses près, à la structure d'intervention en temps normal. La différence fondamentale entre les deux tient au fait que dans une situation d'urgence, la direction à terre sert de centre de coordination et que le personnel à bord peut avoir à prendre des décisions exceptionnelles.

Dans les situations d'urgence, il est essentiel que les communications soient aussi directes que possible. L'unité de forage se met en rapport avec l'exploitant et communique directement avec le secours expédié pour tout ce qui touche les opérations. On établit au bureau de l'exploitant un centre de commandement d'urgence auquel le représentant à terre de l'entrepreneur est invité à se rendre. Toutes les communications (directes ou captées) sont transmises au centre de commandement d'urgence, ce qui permet à celui-ci de prendre les décisions qui s'imposent en toute connaissance de cause et d'éviter les communications inutiles de tiers avec l'unité de forage. Le centre de commandement d'urgence coordonne les efforts de tous les autres éléments de la structure d'intervention qui peuvent prêter main-forte. Tous les exploitants savent l'importance du système de communication dans le succès de toute intervention en cas d'urgence.

Les éléments fondamentaux des structures existantes d'intervention en cas d'urgence sont les suivants:

1. Une structure d'organisation et de commandement qui définit les voies de communication et les mesures que doit prendre le personnel clé d'intervention en cas d'urgence.
2. Insistance sur l'expérience et la formation. Dans une situation critique, l'équipage doit faire confiance à la personne qui commande pour ne pas réagir trop tard.
3. La tenue d'exercices dans des conditions contrôlées aide à évaluer l'efficacité du plan et l'état de préparation de l'organisation d'intervention et fait ressortir l'importance des programmes de sécurité et de prévention. Les exercices doivent être coordonnés de façon à y associer l'unité de forage, les navires de soutien, les hélicoptères, le personnel de soutien de la base côtière, la Garde côtière, les services de recherche et de sauvetage et les organismes de réglementation. Ils doivent également permettre de déceler les lacunes du système de communication et du réseau de soutien logistique.
4. Comité de liaison des exploitants (CLE). Le CLE et les plans mixtes connexes de gestion et d'assistance en matière d'intervention (comme ceux qui existent entre les exploitants des Grands bancs) donnent un caractère officiel à un système d'aide supplémentaire.
5. Des voies de communication efficaces les plus courtes et directes possible.
6. La personne chargée de diriger les opérations d'intervention à bord doit pouvoir prendre des décisions qu'elle ne prendrait pas normalement sans prendre avis.

CONCLUSIONS

Les conclusions suivantes se dégagent du présent document qui traite des structures d'organisation et de gestion mises en place pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations offshore:

1. L'industrie pétrolière s'occupe d'exploitation en mer depuis près de 80 ans. Au large de la côte est du Canada, ses activités remontent à 18 ans. La technologie a fait des progrès rapides qui ont permis de répondre aux besoins liés à l'exécution des forages dans des contrées éloignées et des milieux rudes, mais il a été tenu compte aussi de la sécurité du personnel et de l'équipement, de l'efficacité des opérations et de la protection de l'environnement.
2. La perte de l'*Ocean Ranger* a fait prendre conscience à l'industrie et au gouvernement que des accidents graves peuvent se produire dans l'offshore canadien. Depuis cet incident, le gouvernement et l'industrie ont été à l'origine de nouvelles initiatives visant la sécurité, la formation et la planification des mesures d'intervention en cas d'urgence. L'instantanéité et le succès de l'intervention qui a suivi l'éruption de l'Uniacke sont dus peut-être en partie à ces récentes initiatives.
3. On reconnaît l'importance du volet maritime des opérations de forage offshore. L'ampleur du soutien accordé actuellement au forage offshore est considérable et sans égale dans l'industrie maritime.
4. Notre industrie et notre gouvernement font passer la sécurité des travailleurs d'abord et l'efficacité opérationnelle ensuite. L'industrie sait par expérience que sécurité et efficacité des opérations vont de pair.
5. Il existe deux éléments distincts au sein de la structure organisationnelle des présents programmes de forage, à savoir l'exploitant et l'entrepreneur de forage. Ils ne voient pas nécessairement les choses de la même façon, mais chacun doit être conscient des préoccupations et des besoins de l'autre, d'autant plus qu'ils tendent tous deux vers le même but.
6. La structure d'organisation et de commandement à bord qui sert dans les conditions normales est identique, à peu de choses près, à celle qui est prévue en cas d'urgence.
7. La personne qui commande à bord doit avoir l'expérience de la gestion et de l'organisation, être bien au courant des méthodes de forage et de contrôle du puits, être consciente des limites de l'unité de forage et de la complexité de la logistique de soutien et connaître parfaitement le milieu marin.
8. La sécurité, l'efficacité et le succès des opérations, en temps normal comme en cas d'urgence, seront mieux assurés si le personnel possède la formation, l'expérience et les qualités nécessaires et fait confiance à la personne qui commande.
9. L'unité de forage et la base côtière doivent absolument rester en contact permanent. À cette fin, on a incorporé dans les opérations de forage offshore, des réseaux de communication perfectionnés assortis des éléments en double nécessaires.
10. L'établissement d'un centre de communication d'urgence à la base de l'exploitant réduit au minimum le risque de transmission d'informations erronées dans une situation critique et garantit l'existence d'un enregistrement intégral de toutes les communications avec l'unité de forage.
11. Il faut comprendre et reconnaître que les entreprises courent une part de risque qui est pris en toute connaissance de cause. Le gouvernement et l'industrie s'engagent à poursuivre leurs recherches en vue de trouver des moyens de réduire au minimum les risques, là où c'est possible et faisable.

Points à retenir

Le présent document conclut que les structures d'organisation et de gestion et les réseaux de communication en place permettent de faire face aux situations d'urgence au large de la côte est du Canada. Les questions qu'il reste à régler sont les suivantes, à notre avis:

1. Le Canada n'a pas de normes officielles en ce qui concerne la compétence des titulaires des postes clés à bord des unités de forage. Des normes relatives aux connaissances, à l'expérience et aux qualités que doivent posséder les titulaires de postes clés doivent être clairement définies et élaborées par l'industrie et le gouvernement tout à la fois, et on doit établir un programme d'attestation canadien compatible avec les programmes d'attestation internationaux semblables.

2. L'industrie et le gouvernement doivent examiner la question de la proportion que les stagiaires représentent par rapport au personnel d'expérience à bord des unités de forage et le plafond doit être relevé dans l'intérêt de la sécurité. L'industrie a connu un essor rapide au cours des vingt dernières années et la technologie continue d'évoluer. Selon nous, l'industrie fait face à une situation, particulièrement au Canada, où les gens possédant la formation, l'expérience et les qualités voulues pour occuper les postes clés sur les unités de forage sont en nombre insuffisant. Les entrepreneurs doivent donc recruter sur le marché mondial le personnel compétent capable d'occuper ces postes tout en donnant la chance, en même temps, aux Canadiens d'acquérir la formation nécessaire.

3. Le mouvement de canadianisation des équipages offshore doit être contrôlé et ne doit pas être accéléré au point de compromettre la sécurité.

4. Dans la mesure où ils concernent la sécurité et le forage offshore, les règlements sur les opérations maritimes et le forage ne se rapportent pas explicitement à l'industrie. Pour corriger cette situation, l'industrie et le gouvernement doivent conjuguer leurs efforts tout en tenant bien compte des vues et de l'expérience des exploitants, des entrepreneurs de forage et des organisations de prestation de services.

5. Les rôles et responsabilités de l'industrie et des organismes gouvernementaux vis-à-vis les situations d'urgence doivent être clairement définis.

6. L'industrie et le gouvernement doivent en venir à un accord concernant le niveau de soutien en recherche et sauvetage à assurer aux travaux d'exploration, d'exploitation et de production offshore.

7. L'efficacité des accessoires de sauvetage doit être reconnue et par l'industrie et par le gouvernement avant que l'on puisse s'en servir.

Bibliographie

(1) «An Evaluation of Industry Safety Management in Eastern Canada Offshore Drilling Operations» – Document présenté à la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger*. Manadrill Drilling Management Inc. – mars 1984

(2) «Risk Assessment» Ian Burton, mars 1984

Partie 1 – A Perspective on Risk with special reference to Eastern Canada Offshore exploratory drilling.

Partie 2 – A Preliminary Risk Assessment of Human Safety in Exploratory Drilling Operations for Oil and Gas In the Eastern Canada Offshore Area.

(3) «Royal Commission on the *Ocean Ranger* Marine Disaster – Assessment of the Normal and Emergency Command Structures relating to Drilling Systems for Eastern Canada Offshore Drilling Operations» (Currie, Coopers & Lybrand – 25 mai 1984).

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT E

J. Hielm
Planificateur principal d'urgence
Elf Aquitaine Norge A/S

À la suite de la proposition qui m'a été faite de commenter ou de compléter le document présenté par M. McGrath, je tiens d'abord à féliciter ce dernier pour la qualité de son exposé, et je dois avouer que je me sens en bien mauvaise position pour faire quelque commentaire que ce soit. En effet, bien que le contenu du document de M. McGrath soit d'ordre général, il est évident qu'il reflète une réalité bien canadienne. N'étant pas familier avec les ententes et les arrangements pris par les exploitants canadiens, tout commentaire de ma part risquerait d'être hors de propos, de vous induire en erreur et, par conséquent, de vous faire perdre votre temps. Aussi, j'ai choisi de vous faire part de certaines considérations sur des points particuliers et je me propose de vous exposer quelques-uns des éléments fondamentaux de la planification et de la gestion d'une situation d'urgence.

J'aimerais d'abord faire quelques commentaires d'ordre général et vous montrer de quelle façon les exploitants norvégiens ont procédé pour élaborer un plan d'urgence type. Ensuite, si le temps le permet, j'exposerai ce qui a été fait dans l'entreprise pour laquelle je travaille en ce qui concerne l'organisation de mesures d'urgence à terre de même que les critères de qualification du personnel et les programmes de formation qui ont été établis. Pour un bon nombre d'entre vous, ce que je vais dire pourra sembler l'évidence même ou aller de soi. Néanmoins, je suis toujours étonné de constater que, très souvent, dans les situations d'urgence, ce qui est évident ou naturel est négligé tout simplement parce qu'on n'y a pas pensé, ou que l'on n'a pas évalué la situation. Lorsqu'on élabore un plan d'urgence général, il est impossible de prévoir toutes les circonstances qui peuvent se présenter. Si on essayait de le faire, et si on y parvenait, ce n'est pas un plan d'urgence que l'on obtiendrait, mais un plein classeur de documents. Par conséquent, on ne peut indiquer de façon définitive et détaillée ce qui devrait être fait, par qui ce devrait l'être et de quelle façon. Le plan doit donc se limiter à quelques directives opérationnelles générales sur les éléments qui pourraient s'avérer importants dans le développement d'une situation. Le plan d'action final peut donc être établi au moment de l'urgence et on peut inclure tous les éléments connus dans l'évaluation de la situation. D'une certaine façon, on peut dire que l'objectif principal doit prévoir la possibilité de recourir, le cas échéant, à des solutions de rechange. C'est ce que je vais essayer de vous montrer.

Prenons une situation où nous n'avons qu'une possibilité. Si je vous présente l'équation suivante «50 + 50 = ?» vous devez me répondre «100», faute de quoi vous serez dans l'erreur. En d'autres mots vous n'avez le choix d'aucune autre possibilité pour résoudre le problème. Mais si je présente le problème autrement et que je vous dis «Le total de l'équation donne 100, quelle est cette équation?» Quelqu'un pourra me dire «deux fois 50» et sa réponse sera juste. Dans un cas, il pourrait choisir comme solution deux fois cinquante, dans un autre, quatre fois vingt-cinq et dans un autre encore, dix fois dix. On dispose donc de plusieurs solutions pour résoudre le problème, selon le cas.

Maintenant, j'aimerais que nous jetions un coup d'oeil sur un des instruments dont nous disposons pour élaborer un plan d'urgence, et que nous voyions rapidement de quelle façon on peut l'adapter à l'*Ocean Ranger*. L'un des mots clés est: déterminer. En effet, dans l'élaboration d'un plan d'urgence, on doit être en mesure de déterminer les éléments suivants:

1. La situation – Qu'est-ce qui peut arriver? De quelle façon cela peut-il arriver?
2. Le problème et les secteurs prioritaires – Où cela peut-il se produire?
3. Les personnes concernées – Qui doit prendre la situation en main?
4. Les fonctions – Que faire?
5. Les sytèmes et l'équipement – Quoi utiliser, et comment?
6. La marche à suivre – Quelles mesures adopter et dans quel ordre?

Voilà un instrument dont les personnes concernées peuvent se servir pour élaborer un plan d'urgence.

Nous avons parlé précédemment du rapport qui existe entre l'homme et la machine; c'est là une des principales pierres d'achoppement rencontrées dans tous les types de plans d'urgence. Il s'agit de ce rapport complexe qui s'établit entre la probabilité d'un accident, en d'autres mots le facteur de risque, la cause possible, les mesures à prendre, la ou les personnes qui décident de la stratégie à adopter et ceux qui exécutent les ordres reçus. La procédure d'urgence a pour but de prévoir l'accident qui est le plus susceptible de se produire et les mesures les plus susceptibles d'être utilisées. La principale faiblesse de tels plans est de supposer que la situation d'urgence évoluera d'une manière donnée; par exemple que l'organisation de la plate-forme restera intacte et que les personnes présentes resteront calmes et réagiront de façon ration-

nelle. Comme je l'ai mentionné précédemment, si nous essayons de prévoir toutes les situations possibles, notre plan sera si volumineux que personne ne prendra le temps de le lire. Un de mes amis m'a dit un jour «Notre plan d'urgence est la chose la plus dangereuse au monde qui soit. Il est si gros, que s'il vous tombait sur le pied, vous vous retrouveriez à l'hôpital».

Il est impossible de rencontrer deux situations rigoureusement identiques. Cela nous est apparu évident à tous et c'est ce qui nous a incité à recourir à une méthode que nous avons appelée «exercice de simulation». Un tel exercice peut ne rien coûter du tout et être utilisé comme instrument de vérification d'un plan d'urgence. Chez Elf Aquitaine, nous avons mis sur pied des cours tactiques de sécurité auxquels assistent le personnel de la plate-forme, ceux qui, à terre, sont chargés de l'intervention d'urgence, les capitaines des navires de soutien et les autres personnes qui pourraient être concernées. Chacun joue son propre rôle et il n'y a aucune limite de temps. Chaque étape est suivie d'une discussion pendant laquelle chacun peut exprimer ce qu'il ressent. Nous portons d'abord notre attention sur la plate-forme et nous demandons aux participants: sur votre plate-forme, y a-t-il quelque chose qui vous inquiète, quelque chose qui vous empêche de dormir? Nous posons cette question pour essayer de déterminer quel genre d'accident risquerait de se produire.

Nous posons ensuite une série de questions. Où l'accident pourrait-il arriver sur votre plate-forme? Comment cela se produirait-il? Combien de personnes seraient touchées par cet accident? Et nous discutons de chacun de ces points. Nous essayons ensuite d'imaginer le nombre de personnes qui risqueraient d'être blessées dans ce genre d'accident. Nous demandons ensuite aux participants ce qu'ils feraient en de telles circonstances. En cas d'incendie, procéderiez-vous à l'arrêt des activités de forage? Feriez-vous évacuer la plate-forme, et de quelle façon donnerait-on suite à votre avertissement? Nous demandons ensuite à chaque participant s'il est d'accord avec ce qui a été dit, ou s'il agirait autrement. Nous vérifions ensuite ce que propose le plan d'urgence. Si la réaction des participants est différente de celle qui est prévue dans le plan, cela indique que l'une ou l'autre est erronnée et qu'il faut la corriger. Si la réaction des participants semble juste, nous corrigeons le plan, dans le cas contraire, nous faisons suivre au personnel une nouvelle formation.

Nous passons ensuite à la troisième étape au cours de laquelle nous ajoutons certaines complications à la situation. Il est étonnant de voir le nombre de solutions que l'on peut trouver pour faire face aux circonstances présentées. En situation de crise, l'homme a la faculté d'improviser une solution. Nous avons fait un exercice au cours duquel, sur l'une de nos installations de forage, nous avons fait mourir le gestionnaire des opérations et son assistant, l'infirmière, l'opérateur de grue, et rendu l'infirmerie inutilisable en raison d'un incendie, laissant le reste de l'équipage à lui-même. Les survivants ont pris les choses en main d'une façon incroyable. Sans moyens médicaux et avec un grand nombre de fractures, ils ont envahi la cuisine. Après leur passage, il ne restait plus un seul manche à balai, mais tous les membres cassés avaient été éclissés. Ils ont improvisé des mesures d'urgence vraiment étonnantes.

Malgré l'utilisation d'une telle méthode de formation d'intervention en cas d'urgence, il reste néanmoins certaines embûches. Pensons par exemple aux personnes qui devront utiliser ces systèmes, à ceux qui devront les remplacer en cas d'urgence et à ceux qui décideront des mesures à prendre. Ce sont tous des êtres humains avec leurs faiblesses propres. J'ai vu différentes personnes réagir de différentes manières ou encore, les mêmes personnes réagir différemment en différentes occasions dans des situations pourtant semblables. Le même entrainement répété sans aucune variante induit à tort chez l'individu le sentiment que tout se déroulera en réalité comme dans l'exercice. La personne prendra l'habitude, bonne ou mauvaise, d'associer certaines situations à certains résultats et si une telle situation se présente, elle essaiera de la modifier pour l'adapter à la solution prévue plutôt que d'adapter la solution à la situation. Dans le pire des cas, si l'individu ne parvient pas à garder le contrôle de la situation, il peut être pris de panique. C'est ce que l'on entend par fixation. Nous percevons chez les personnes qui exercent une profession donnée telles caractéristiques, qualifications et aptitudes et nous oublions parfois qu'ils sont avant tout des êtres humains, qu'ils ont leurs réactions et leurs sentiments propres.

Dans son exposé, M. McGrath fait le commentaire suivant, et je cite:

> «L'entrepreneur de forage, tout nouveau dans le secteur, qui travaille pour un exploitant inexpérimenté, est défavorisé dans sa capacité à s'adapter aux conditions locales et aux normes fixées par la réglementation. Cette équipe exploitant/entrepreneur compte énormément sur les connaissances des exploitants et entrepreneurs d'expérience. C'est grâce à cette mise en commun des connaissances et des expériences qu'on peut éviter des catastrophes et qu'on

accélère le processus d'apprentissage.»

En Norvège nous avons essayé d'établir un plan d'urgence type. Dans ce plan, qui comprend quatre parties, nous avons essayé d'inclure toutes les activités possibles. La première partie traite de la plate-forme et y demeure peu importe l'exploitant qui en retient les services. La deuxième partie est conçue par les autorités et les autres sous-entrepreneurs. Ces parties s'imbriquent les unes dans les autres. En d'autres mots, en tant qu'exploitant, je peux posséder quatre installations de forage et mes propres installations fixes, mais je dois toujours procéder de la même façon.

On note certains recoupements entre nos propres installations fixes et les plates-formes de forage des clients. Aussi nous disposons d'un index commun pour chaque document et nous pouvons définir l'organisation d'urgence appropriée à chacun de ces plans. Les seules autorités extérieures à intervenir sont le Centre principal de coordination du sauvetage et le groupe de contrôle d'intervention du gouvernement qui prend la relève. Nous avons catégorisé les situations de sorte que dans tous les plans d'urgence, le chapitre 41 traite d'une explosion consécutive à un incendie, le chapitre 42 d'un incendie dû à une fuite de gaz, le chapitre 43 de l'atterrissage sur le pont et ainsi de suite. Nous avons procédé de la sorte parce que dans certains cas (accidents de plongée et de radiation), c'est le sous-entrepreneur qui est le mieux qualifié pour effectuer le travail et qui assume la responsabilité de cette intervention d'urgence.

Je n'irais pas jusqu'à dire que vous devriez adopter cette façon d'envisager la planification d'urgence mais, en ce qui nous concerne, cette méthode nous a permis de résoudre certains des problèmes auxquels vous faites face ici. En somme, il s'agit d'un instrument utile.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT E

F. Williford
Vice-président adjoint
SEDCO, Inc.

C'est un plaisir pour moi de prendre la parole aujourd'hui, car je connais certains d'entre vous, j'ai passé quelques années à travailler dans cette région et j'ai demeuré sur la côte est du pays pendant environ cinq ans. Aussi, je vous demanderais d'écouter mes propos en ne perdant pas de vue qu'outre une certaine expérience du domaine, j'en ai une vision assez étroite. Le thème abordé c'est la sécurité, et le sujet précis, l'organisation et la gestion.

En tant qu'entrepreneur de forage je possède mon propre navire, je le dirige et j'embauche le personnel qui y travaille. Je dois, directement ou indirectement, rendre compte de mes activités à quatre organismes de réglementation fédéraux, trois organismes provinciaux et cinq sociétés exploitantes. Mes activités sont surveillées de toutes parts et je vous assure que la pression se fait sentir. En fait, ma seule prétention à la renommée en fin de journée est la profondeur à laquelle le forage est rendu et ce, sans incident. Il est peu probable qu'on m'accorde grand mérite pour le nombre de gens que j'ai embauchés ou formés. Tout ce que l'on attend de moi est que je le fasse de façon professionnelle. Heureusement, les responsabilités sont partagées en ce domaine. Je dois trouver des gens bien formés et je m'y emploie activement chaque jour. On connaît assez mal les besoins et exigences que je peux manifester à cet égard, par contre je dois bien connaître les objectifs, besoins et exigences des gouvernements hôtes et des compagnies exploitantes. Par conséquent, je suis tout à fait d'accord avec la mise en place d'un bon plan d'urgence. J'appuie entièrement une telle initiative et je m'y conforme volontiers, car je suis appelé à le faire partout où je vais travailler. Je dois, toutefois, jouir de toute la latitude et de la liberté nécessaires pour diriger mon propre navire et pour former mes employés de façon qu'ils puissent effectuer les opérations telles qu'elles doivent l'être, en fonction des caractéristiques du navire. Les gouvernements conseillent, règlementent, vérifient, inspectent et contrôlent de nombreux aspects concernant le lieu de travail et ils ont raison de le faire. Pour ma part, je désire que la compagnie exploitante et l'organisme gouvernemental concerné voient à ce que l'atmosphère et le plan de travail soient propices à l'exécution des tâches pour lesquelles on retient mes services.

J'appuie entièrement toute initiative concernant la promotion de la sécurité et j'ai de bonnes raisons pour le faire. En cela je ne crois pas être dans l'erreur car il y a trop longtemps que je travaille sur des navires de forage. Si quelque chose va mal, j'en serai sûrement tenu personnellement responsable. Je ne peux me soustraire à cette responsabilité. Je vous assure que je comprends parfaitement la situation et que j'abonde dans le sens de l'exposé présenté aujourd'hui par M. McGrath, car l'entrepreneur connaît bien les problèmes auxquels l'exploitant doit faire face, de même que le travail pour lequel il est lui-même engagé. Il sait, que pour rester en affaires, il doit exécuter le travail dans les conditions les plus sûres et les plus efficaces possibles.

Résumé de la discussion générale

M. I. Manum (Norwegian Maritime Directorate) a reconnu l'importance d'engager du personnel compétent et bien formé pour travailler en mer, mais il s'est demandé si le personnel choisi pour occuper les postes les plus importants possédaient réellement les qualités personnelles et la compétence voulues. À cet égard, il a cité l'incident de l'éruption du *Vinland* et dont l'enquête a révélé une erreur de jugement de la part du responsable pour l'obturation du puits. M. R. McGrath (Petro-Canada) s'est montré en désaccord avec M. Manum à propos de l'incident du *Vinland* et a ajouté que l'exploitant s'attend à ce que l'entrepreneur de forage engage les personnes les plus compétentes et les plus qualifiées pour occuper les postes clés sur une installation de forage. M. F. Williford de la compagnie SEDCO a dit ensuite qu'il s'agissait là en effet d'une question délicate, et que SEDCO faisait tout en son possible pour ne pas restreindre l'avancement de ses employés, et pour déterminer le plus tôt possible ceux qui, à l'aide d'une formation appropriée, pourront atteindre les sommets et occuper des postes clés.

Le président de séance, M. G.M. MacNabb, s'est interrogé sur la compétence physique et psychologique de ceux qui occupent des postes clés. Le Dr H. Haakonson (Petro-Canada) a répondu que, en plus de déterminer les personnes les plus aptes à remplir ces postes, les compagnies devraient mettre en place une sorte de mécanisme qui permettrait au personnel d'évaluer lui-même ses propres possibilités (ou ses lacunes) sur une base quotidienne.

M. B.P.M. Sharples (Noble, Denton) s'est inquiété de la pratique actuellement en usage selon laquelle on confie à un foreur la responsabilité d'une installation de forage offshore pour la seule raison qu'il doit y avoir quelqu'un pour remplacer le directeur de l'installation en cas d'urgence. Il s'est demandé de quelle façon ce transfert de direction est communiqué à l'équipage et comment l'on détermine qu'il s'agit d'une situation d'urgence. M. McGrath a répondu que l'industrie était consciente du caractère perfectible de la présente pratique et qu'elle cherchait une meilleure solution au problème. Il décrit ensuite les structures de direction actuelles: 1) sur un navire de forage en positionnement dynamique, c'est le capitaine qui demeure en tout temps le premier responsable; 2) sur un navire de forage à l'ancre, le capitaine demeure responsable bien que, pendant les activités de forage, il délègue la responsabilité du commandement au foreur; 3) sur une installation semi-submersible, c'est le capitaine qui est en tout temps responsable de la sécurité et du bien-être de l'unité bien que, lorsque l'unité est ancrée et immobilisée, on puisse croire que cette responsabilité est assumée par le foreur; 4) sur une plate-forme auto-élévatrice élevée et stabilisée, c'est le foreur qui assume cette responsabilité. Cependant, lorsque la plate-forme est remorquée vers un autre site de forage, le foreur remet officiellement le commandement au capitaine. M. Williford a ajouté aux explications données par M. McGrath et précisé que, bien que les activités quotidiennes de forage étaient dirigées par le personnel chargé du forage, c'était toujours le capitaine du navire qui demeurait responsable.

En rapport avec l'exposé thème présenté par M. G.R. Harrison, M. J.R. Hawkins (Esso Ressouces Canada) s'est demandé s'il était bien de confier au dirigeant principal d'une compagnie la responsabilité ultime de tous les aspects des questions de génie et de sécurité relatives aux entreprises de forage en mer. M. McGrath s'est dit en faveur du principe d'un centre de responsabilité unique avancé par M. Harrison, et a ajouté que, généralement, ce principe était retenu et appliqué d'une façon ou d'une autre aux divers paliers de gestion d'une entreprise.

Le vice-amiral A.J. Fulton (CAF, retraité) a soulevé la question de la condition physique et a fait remarquer que le maintien d'une bonne condition physique permettait aux travailleurs en mer de mieux exécuter leurs tâches, tant dans les opérations courantes qu'en situation d'urgence. Le Dr Haakonson a ajouté que, d'après son expérience, la plupart des travailleurs désiraient vivement apprendre tout ce qui peut maximiser leurs chances de survie en cas d'accident et qu'ils se pliaient volontiers à ce qui leur est demandé à ce sujet. Tout programme visant à élever le niveau de condition physique des travailleurs en mer se limiterait à souligner l'incidence d'une bonne condition physique sur les chances de survie. M. J. Hielm (Elf Aquitaine) a ajouté, qu'en Norvège, on exigeait des travailleurs offshore qu'ils se soumettent à un examen médical et qu'ils répondent aux critères de santé établis, y compris le poids. Si le médecin considère que le poids d'un travailleur est trop élevé, ce dernier ne reçoit pas l'autorisation de travailler en mer. Le Dr C. Brooks du quartier général du Commandement maritime, MDN, a fait remarquer qu'il peut être difficile de déterminer le niveau de condition physique demandé à un individu pour un emploi spécifique et, pour surmonter ce problème, il a suggéré qu'on établisse des critères différents, selon les différents types de postes à combler.

M. R.E. Johnson (NTSB) a soulevé la question de la planification d'urgence, et s'est demandé de quelle façon les exploitants et les entrepreneurs s'y prenaient pour coordonner leurs plans de façon qu'il n'y ait aucune confusion en cas d'urgence. M. McGrath a répondu que la réglementation exigeait de l'exploitant qu'il soumette un plan d'urgence pour chaque site de forage. Une fois approuvé par les autorités compétentes, un exemplaire est gardé à terre au bureau de l'exploitant, et un autre est gardé sur l'installation de forage, de sorte que tous ceux qui ont un rôle à jouer dans ce plan d'urgence puissent y avoir accès. M. Williford a souligné que la compagnie SEDCO, en tant qu'entrepreneur de forage, établissait un plan d'urgence propre à un navire particulier, en fonction de l'environnement et du programme de forage à réaliser, puis qu'elle adaptait ce plan de façon à répondre aux critères de l'exploitant. SEDCO tient compte également de tout équipement disponible sur le site outre celui qui est fourni par l'exploitant. Ce plan est ensuite approuvé par l'exploitant et par l'entrepreneur.

M. J. Hornsby (Sécurité des navires, GCC) a fait remarquer que l'*Ocean Ranger* disposait de plans d'urgence qui ont été totalement ignorés et, qu'avant le naufrage, cette plate-forme était considérée comme une installation efficace. L'industrie pétrolière doit garantir aux organismes de réglementation que les plans d'urgence établis ne constituent pas une protection sur papier seulement, mais que les mesures envisagées dans ces plans sont respectées, de sorte que ces organismes de réglementation puissent surveiller les mesures et les pratiques de sécurité réellement en usage.

M. McGrath a souligné encore l'importance, pour l'industrie pétrolière, des lignes directrices fournies par un plan d'urgence. En ce qui concerne les rapports d'accidents, il a fait remarquer que les organismes de réglementation n'ont pas encore statué sur les critères permettant de déterminer les accidents qui «doivent faire l'objet de rapports» sans qu'il y ait interprétation à ce sujet. Ces critères devront être établis à la satisfaction de l'industrie et des organismes de réglementation.

M. Johnson a soulevé également la nécessité d'établir des normes de qualification à l'intention du personnel travaillant en mer, et a demandé qu'on se renseigne sur ce qui a été fait en ce domaine, en particulier aux États-Unis. M. McGrath a répondu qu'au

Canada, la personne responsable devait détenir le grade de capitaine et posséder une expérience de plus de quatre ans sur un navire de plus de 25 tonnes. M. Greif (SEDCO, Inc.) a fait état d'un document publié récemment et dans lequel les membres de l'Association canadienne des entrepreneurs de forage se sont mis d'accord sur des descriptions de tâches pour les différents postes à combler sur une installation de forage, et ont établi un niveau minimum de formation, de scolarité, de certification et d'essai pour chacun de ces postes. Un document semblable a été présenté à l'*U.S. Coast Guard* par l'IADC (l'Association internationale des entrepreneurs en forage) dans l'espoir d'augmenter la participation de l'industrie dans le processus de délivrance des autorisations et des certificats au personnel des installations de forage. Lorsque M. McNabb lui a demandé si ces critères s'appliquaient également au degré d'aptitude physique nécessaire pour remplir certaines fonctions, M. Johnson a répondu non car, comme il avait été mentionné auparavant, cela n'avait jamais présenté de problème. Le document de l'IADC insiste sur certaines aptitudes telles que le ballastage, la prévision météorologique et l'intervention d'urgence.

Aux États-Unis, dans la plupart des cas, la responsabilité de l'installation est confiée à un foreur expérimenté ayant prouvé sa compétence dans les questions maritimes et qui, de plus, détient un «Column Stabiliser Masters Ticket» (certificat de capitaine de colonne stabilisée). L'industrie pétrolière a encouragé la Garde côtière du Canada à faire des recherches dans ce sens et à travailler en étroite collaboration avec la *U.S. Coast Guard*, afin d'établir des normes semblables pour le Canada.

M. H.L. Zinkgraf (SEDCO, Inc.) a fait remarquer qu'à sa connaissance, les pourparlers en vue d'amener la Garde côtière canadienne à participer à des discussions avec l'industrie et la *U.S. Coast Guard* sur la question des normes de qualifications, étaient jusque là restés sans réponse. Cela est malheureux car, à son avis, c'est ce qui a fait obstacle à l'élaboration d'une norme de qualification nord-américaine pour les postes clés en mer. M. Hielm a souligné l'importance de bien différencier la compétence et la certification, et a rappelé à ce sujet l'incident qui s'est produit en Norvège lorsque les autorités ont demandé à Red Adair, qui n'était pas autorisé à travailler sur le plateau continental norvégien, de tuer un puits à Ekofisk Bravo.

M. R.A. Quail (Garde côtière canadienne) a demandé à M. McGrath des précisions sur ce qu'il entend par «programme de certification». Ce programme ferait-il partie d'un système de réglementation et, en cas contraire, de quelle façon serait-il administré et mis en vigueur? M. McGrath considère qu'un programme selon lequel le personnel serait «accrédité» pour remplir certains postes de direction, serait tout à fait réalisable par l'intermédiaire des organismes de réglementation en place.

M. Johnson a souligné ensuite le problème du traitement de données très techniques, en particulier des données concernant la stabilité, qui sont actuellement fournies aux exploitants sous une forme beaucoup trop sophistiquée et complexe pour être vraiment utiles. M. Zinkgraf a expliqué que la compagnie SEDCO exige de ses opérateurs de ballasts qu'ils aient une connaissance élémentaire seulement de la théorie de la stabilité et de l'hydrodynamique. La formation donnée aux opérateurs de ballasts employés par la compagnie SEDCO varie en complexité selon les exigences locales du travail: à Aberdeen, l'Institut de technologie Robert Gordon offre un cours que les opérateurs de ballasts engagés par SEDCO doivent réussir pour être autorisés à travailler dans la mer du Nord; un cours «maison» sur les principes de base de la stabilité est offert aux employés permanents de la compagnie et est donné à Aberdeen et à Dallas (ce cours a également été dispensé à Saint-Jean). À Dallas, SEDCO a mis au point et utilisera bientôt un simulateur de contrôle de ballasts qui a été conçu de façon à intégrer les caractéristiques des mouvements spécifiques d'un navire.

M. G.P. Vance (Mobil Oil Canada) a demandé quelle devrait être la réaction d'une équipe de forage face aux priorités à facettes multiples telles que priorités budgétaires, formation, sécurité et rendement. Selon M. Williford, ces diverses facettes sont perçues différemment par l'exploitant, l'entrepreneur et les organismes de réglementation. En tant qu'entrepreneur, SEDCO planifie ses programmes de façon qu'ils répondent le mieux possible aux conditions locales, tout en n'oubliant pas que la sécurité sur une installation est un facteur qui englobe tous les autres.

En ce qui concerne la sécurité de chaque travailleur, M. Foley a souligné que chaque individu tendait à être trop restrictif dans sa perception des priorités, c'est-à-dire que chacun tendait à négliger certains aspects pour ne centrer son attention que sur un seul. Par contre, il n'est pas toujours facile de déterminer pourquoi l'attention se porte sur tel aspect plutôt que sur tel autre. Cela peut être dû à une formation ou à une publicité intensive sur un aspect donné, et se manifester particulièrement dans les situations d'urgence.

M. B.P.M. Sharples (Noble, Denton) s'est interrogé sur l'incidence des taux de jours-plates-formes sur la sécurité générale, et a proposé qu'on établisse une norme minimale à ce sujet. M. Hielm a souligné que la Norvège a abordé ce problème en procédant à l'analyse de la rentabilité des changements proposés par le gouvernement. Si les coûts relatifs à un changement quelconque dépassent de beaucoup l'amélioration de la sécurité qui doit s'ensuivre, on considère que cette modification n'en vaut pas la peine et elle n'est pas appliquée.

4

LES SITUATIONS D'URGENCE

LES SITUATIONS D'URGENCE

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude des situations d'urgence, on a examiné les possibilités des dispositifs existants d'évacuation des MODU ainsi que les travaux de recherche et de développement en cours sur les nouvelles méthodes d'évacuation. En outre, on a fait l'examen des moyens de survie après évacuation ainsi que des méthodes et moyens de réaction et de sauvetage offerts par l'industrie et le gouvernement.

Cette séance technique était présidée par M. A.J. Mooradian, qui possède une vaste expérience dans tous les domaines de l'industrie nucléaire au Canada. M. Mooradian est diplômé en génie chimique et en physico-chimie et il s'est joint aux Laboratoires nucléaires de Chalk River en 1950 pour y travailler à la séparation du plutonium avec le groupe Traitement chimique. Au cours des années suivantes, il a occupé plusieurs postes supérieurs aux Laboratoires nucléaires de Chalk River et au Centre de recherches nucléaires de Whiteshell et, en 1982, il a été nommé à son poste actuel de vice-président principal de ces deux organisations.

C. Shaar
Président
SeaTek Corporation

M. Shaar est titulaire d'une maîtrise du Rensselaer Polytechnic Institute. De 1954 à 1961, il a travaillé pour la Bendix Systems Division; de 1961 à 1976, il a été directeur de Delco Electronics à Santa Barbara, chargé de la mise au point du système de positionnement dynamique Delco pour les navires. Il a également conçu et construit le véhicule lunaire de la NASA. M. Shaar est actuellement président de la SeaTek, société qu'il a fondée en 1976.

DOCUMENT F

Évacuation et survie

INTRODUCTION

On reconnaît généralement que l'évacuation d'une unité mobile de forage offshore (MODU) dans une situation d'urgence est une opération extrêmement dangereuse, particulièrement en milieu très froid et houleux. On a aussi constaté que plusieurs naufrages majeurs récents de MODU ont causé la mort d'un fort pourcentage du personnel. Le but du présent document est d'étudier certains facteurs importants qui influent sur les chances d'évacuation et de survie du personnel, ainsi que les perfectionnements du matériel qui peuvent augmenter les chances de survie. Pour atteindre cet objectif, on a examiné les nombreux excellents rapports relatifs aux désastres marins récents et on a eu des entretiens avec l'*U.S. Coast Guard*, les sociétés pétrolières, les sociétés de forage ainsi que les fabricants de canots de sauvetage et de bossoirs. Pendant cette phase d'examen, on s'est très vite rendu compte qu'il y a unanimité quant à la nature du problème et aux secteurs particuliers qui bénéficieraient de perfectionnements techniques.

ÉVACUATION ET SURVIE

Le problème

Dans le cas d'une MODU exploitée dans les eaux canadiennes ou des eaux similaires, l'évacuation et la survie sont extrêmement difficiles en raison de l'environnement. Même dans les meilleures conditions météorologiques, il y a souvent de grands vents et des mers fortes, et l'eau est froide. De plus, les engins et les radeaux de sauvetage d'une MODU sont arrimés à grande distance de la surface de l'eau, généralement à une hauteur de 10 à 35 m. Une autre difficulté provient du fait que la structure de l'unité entre le pont principal (où sont arrimés les engins et les radeaux de sauvetage) et le niveau de l'eau est très dégagée et qu'il est par conséquent impossible d'offrir une protection contre le vent et la houle.

Facteurs influant sur la survie

Le principal facteur dont dépendent les chances de survie au moment de l'évacuation d'une MODU est la méthode d'évacuation. Dans tous les cas, l'évacuation par hélicoptère est préférable, et est de loin la méthode la plus sûre, lorsqu'on peut y avoir recours. Lorsque l'évacuation par mer est la seule possibilité, les chances de survie sont fonction d'un certain nombre de facteurs, notamment:

- les conditions météorologiques
- la nature de la situation d'urgence
- la formation de l'équipage
- l'emplacement, le nombre et le types d'engins de sauvetage, et les méthodes de déploiement
- la protection contre le froid par l'utilisation de survêtements protecteurs
- les moyens de communication
- les possibilités de sauvetage aérien en mer

Cependant, la plupart des autorités s'entendent pour dire que quatre secteurs se prêteraient mieux à l'amélioration des chances de survie du personnel par le perfectionnement du matériel. Ces secteurs sont:

- abaissement de l'engin de sauvetage
- dégagement de l'engin de sauvetage des garants de bossoir, tant pour les systèmes en charge que les systèmes à vide
- écartement de la plate-forme
- récupération du personnel se trouvant à bord des engins de sauvetage

Réaction de l'industrie

Comme tous ces secteurs problèmes sont largement reconnus, il est sensé de se demander quelles mesures sont prises à leur sujet. En Norvège, on a réagi en mettant sur pied un important projet de recherche et développement financé par le gouvernement qui a permis de produire le canot de sauvetage à chute libre Harding tel qu'on le connaît aujourd'hui. On peut faire certaines critiques à l'égard de ce nouveau système. On peut notamment lui reprocher d'être lourd, de coûter cher et d'être probablement difficile à mettre à l'eau suivant des angles d'inclinaison transversale ou d'inclinaison longitudinale raisonnables. De plus, la chute libre à partir d'une grande hauteur constitue un grave problème psychologique pour de nombreux utilisateurs éventuels. Toutefois, à l'heure actuelle, ce canot offre sans doute la meilleure solution aux problèmes d'évacuation et de survie. D'autre part, les fabricants de capsules de sauvetage autopropulsées (CSAP) classiques ont tenté de résoudre des éléments du problème en vue d'améliorer les systèmes existants. Certains résultats de cet effort, par exemple la mise au point de la flèche PROD Watercraft, sont excellents. Néanmoins, on ne semble pas avoir entrepris de travaux importants de mise au point de nouveaux systèmes.

PERFECTIONNEMENTS POSSIBLES DES SYSTÈMES

La CSAP classique pourrait devenir un moyen d'évacuation et de survie beaucoup plus efficace et une solution de rechange viable au canot à chute libre norvégien si on entreprenait d'importants travaux de mise au point du système portant sur les quatre secteurs problèmes déjà identifiés comme critiques: abaissement de l'engin de sauvetage, dégagement, écartement et récupération. Un examen de ces problèmes révélera qu'on a besoin d'une bonne part de travaux d'ingénierie et d'une faible part d'invention, cette dernière pouvant même être inexistante.

Abaissement et dégagement de la CSAP

Le plus grand danger auquel est exposé l'engin de sauvetage lorsqu'on l'abaisse sur les garants de bossoir et qu'on le dégage de ceux-ci est la collision avec la structure de la plate-forme, ce qui peut causer des dommages à l'engin et des blessures aux passagers. En raison de la hauteur du bossoir et des mouvements provoqués par le vent et les vagues, on peut prévoir que l'engin de sauvetage oscillera sur les garants de bossoir en décrivant un arc de plus en plus grand à mesure qu'il approche de la surface de l'eau. Des collisions avec la structure de la plate-forme risquent de se produire, et le système doit avoir été conçu de façon à les prévenir, lorsque possible, et à y résister lorsqu'elles sont inévitables. Le meilleur moyen de prévenir ces collisions consiste à descendre l'engin de sauvetage en porte-à-faux le plus loin possible de la structure et à l'orienter vers le large. On a adopté cette façon de procéder dans de nombreuses plates-formes semi-submersibles modernes. Une autre solution est l'utilisation d'un bossoir articulé mû par gravité, qui remplit le même rôle. Le meilleur dispositif de ce genre que nous ayons vu a été mis au point récemment par la société Kosafe de Halden (Norvège). La figure 1 illustre le fonctionnement du bossoir. Une caractéristique importante de ce bossoir est sa capacité de détecter automatiquement l'horizontale et de s'abaisser jusqu'à cette position. On devrait continuer de perfectionner ce type de bossoir, à moins de trouver une solution équivalente plus pratique.

Par grand vent et mer grosse, même lorsqu'on a laissé le maximum d'espace libre en utilisant un bossoir ou des portes-à-faux, l'oscillation de l'engin de sauvetage suspendu par les garants de bossoir peut entraîner une collision avec la structure de la MODU, les risques de collision augmentant à mesure que l'engin descend et que la longueur des garants augmente. Il est donc important de réduire le temps requis pour cette opération en utilisant des treuils de bossoir qui permettront d'abaisser le canot de sauvetage à une assez grande vitesse. De plus, nous croyons que l'engin de sauvetage devrait être dégagé à une hauteur de 10 à 30 pieds au-dessus de la surface de l'eau, au moyen d'un système de dégagement en charge. L'utilisation d'un tel système n'est pas contraire aux recommandations actuelles de l'O.M.I.(5) ni aux constatations de l'*U.S. Coast Guard*(4). Pour être en mesure d'effectuer une opération d'abaissement rapide sur treuil suivie d'une chute libre de faible hauteur, il faudrait apporter plusieurs modifications importantes à l'engin de sauvetage. Il faudrait notamment renforcer la structure de base, prévoir des dispositifs adéquats de retenue des passagers afin de prévenir les blessures résultant de l'accélération et prévoir un moyen de réduire la décélération d'impact au moment de l'entrée dans l'eau.

La structure de nombreux engins de sauvetage utilisés actuellement doit être renforcée. Il existe suffisamment de rapports faisant mention de structures d'engins de sauvetage endommagées pour justifier cette conclusion, y compris le rapport concernant l'*Ocean Ranger*(6). Les spécifications concernant la fabrication de coques en plastique renforcé de fibre de verre aux États-Unis sont données dans l'*U.S. Code of Federal Regulations*(7) et dans le *Military Specification P-17549D (SH)*(8). Un stratifié de classe 3 est conforme aux spécifications(7) et à la définition(8) suivantes:

> Un stratifié de classe 3 est un stratifié bidirectionnel ou isotrope de résistance moyenne renforcé de tissu de verre de type 7544 ou l'équivalent ou d'une natte de fibre de verre orientée au hasard.

La résistance structurale spécifiée pour ce stratifié est de 31 000 lb/po^2, alors que celle des classes supérieures est de l'ordre de 50 000 lb/po^2. De nombreux engins de sauvetage utilisés aujourd'hui comprennent la «natte de fibre de verre orientée au hasard» qui est composée de courtes pièces (un à deux pouces) de fibre de verre orientées au hasard. Les couches multiples de tissu de verre constituent une meilleure structure. En plus d'utiliser ce type de structure, on devrait spécifier le nombre de couches et le type de superposition. On utilise ce stratifié dans de nombreux petits navires de l'*U.S. Navy*, y compris les baleinières, et on devrait l'utiliser dans les engins de sauvetage des unités mobiles de forage offshore.

Les accélérations auxquelles les passagers d'un engin de sauvetage peuvent être soumis lors de l'abaissement et du dégagement de l'engin représentent un grave problème, et les sièges et les ceintures de sécurité dont sont munis les engins actuels ne sont pas satisfaisants. L'O.M.I. ne spécifie pas les accélérations contre lesquelles il faut se protéger lors des impacts avec la structure de la plate-forme, mais elle mentionne(5) une vitesse d'impact de 3,5 m/s. Cependant, la société SeaTek a effectué des essais sur les modèles de canots de sauvetage actuels en utilisant des accéléromètres. Les essais à une hauteur de chute libre de 10 pieds (essai de l'*U.S. Coast Guard* requis pour tous les engins de sauvetage) ont montré que les accélérations de crête pouvaient facilement atteindre 20 g. La figure 2 montre la courbe obtenue lors d'un essai normal et la figure 3 la plage d'accélérations acceptable pour un passager assis dans un siège rembourré souple et retenu à l'aide d'une ceinture trois points(9). Un passager sans sa ceinture de sécurité peut subir des blessures graves à des accélérations beaucoup plus faibles que celles produites lors d'une chute libre de 10 pieds.

Pour que l'engin de sauvetage et les passagers supportent les accélérations auxquelles ils seront éventuellement exposés, il faut envisager au moins deux modifications. D'abord, il faut modifier la conception des sièges et des dispositifs de retenue des passagers à l'intérieur de l'engin de sauvetage afin que les sièges soient souples et que les dispositifs de retenue soient adéquats. Cette mesure se traduira par une réduction d'environ 15 % du nombre de passagers que peut contenir un engin donné. Deuxièmement, il faut prévoir un dispositif qui réduise l'accélération au moment de l'impact à la surface de l'eau, après le dégagement en charge de l'engin d'une hauteur pouvant atteindre 30 pieds. La société SeaTek et d'autres sociétés ont obtenu des résultats concluants lors d'essais de dispositifs attachés à la quille de l'engin de sauvetage qui remplissent cette fonction d'amortissement et qui peuvent être largués après l'entrée dans l'eau. Le dispositif de la SeaTek, fixé à un engin de sauvetage Watercraft de 28 pieds, a permis d'obtenir, pour une chute de 30 pieds, des accélérations très faibles, comme le montre la figure 4.

La figure 5 montre un système de mise à l'eau (S.M.E.) conçu pour une hauteur de chute libre de 90 pieds et pour lequel des essais grandeur réelle à une hauteur de 60 pieds ont été concluants. Un S.M.E. conçu pour une hauteur de chute de 30 pieds serait beaucoup plus petit. Lorsque l'engin doit normalement être détaché en charge d'une hauteur connue mais faible par rapport à la surface de l'eau, il faut effectuer une mesure fiable de la hauteur. Plusieurs méthodes sont possibles. Pour effectuer cette mesure, Von Tell/GVA ont utilisé un thermistor placé sous leur engin

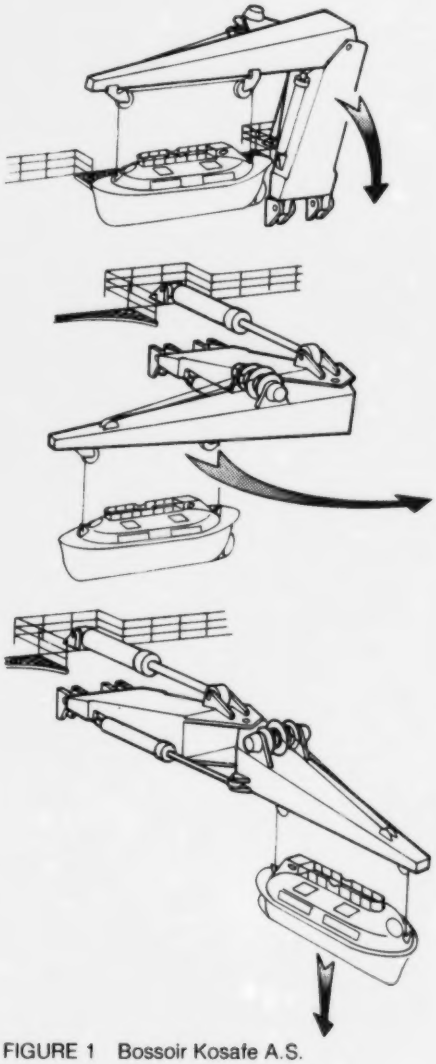


FIGURE 1 Bossoir Kosafe A.S.

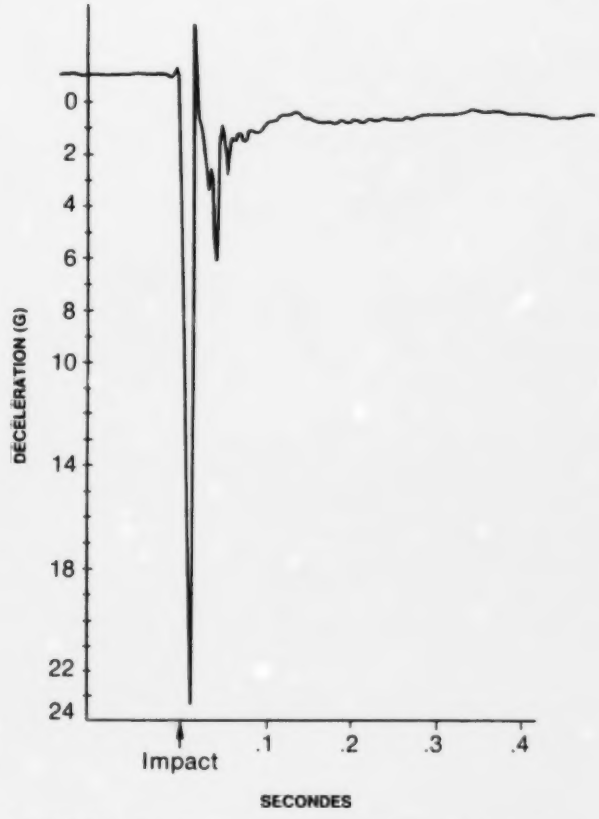


FIGURE 2 Décélération de l'engin de sauvetage lors d'une chute libre de 10 pieds au-dessus de la surface de l'eau.

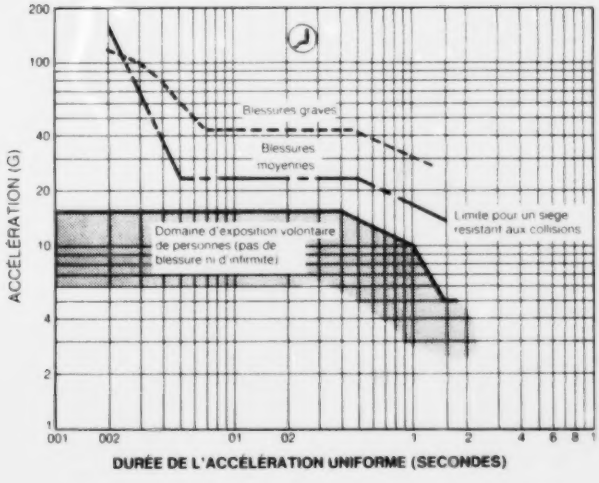


FIGURE 3 Durée et grandeur de l'accélération vers l'avant

«Lifescape». On peut aussi faire une mesure de la pression à l'aide d'un appareil à barboteur. Il est sans doute préférable d'étudier les deux types d'appareils de mesure.

Écartement de la MODU

Une fois à l'eau, il faut s'éloigner de la MODU sans être repoussé contre sa structure par le vent ou les vagues. Les engins de sauvetage, particulièrement lorsqu'ils sont chargés de passagers, sont lourds: un poids de 14 000 lb n'est pas rare. Les moteurs des modèles actuels n'ont pas de puissance élevée (généralement de 40 à 80 HP). De plus, le démarrage n'est pas fiable. Lorsque la mer est houleuse, les particules d'eau des vagues peuvent atteindre une vitesse de 20 pi/s ou plus, et le danger de collision contre la structure de l'unité de forage est grand. La flèche PROD actuellement mise au point par la société Watercraft constitue à notre connaissance la meilleure solution possible à ce problème. Cette flèche peut probablement être utilisée avec tout type d'arrimage de l'engin de sauvetage. Lorsqu'on utilise un bossoir, par exemple un modèle Kosafe, la flèche PROD peut être fixée à l'extrémité du bossoir, comme le montre la figure 6.

Récupération du personnel logé dans l'engin de sauvetage

L'engin de sauvetage doit être conçu et équipé de façon qu'une fois assez éloigné de la MODU, il puisse permettre à ses occupants de survivre jusqu'à ce que la mer se calme, aussi désagréable que soit leur situation. La récupération par mer houleuse est à ce point dangereuse qu'on doit y avoir recours seulement lorsqu'il est impossible d'attendre.

ESSAIS GRANDEUR RÉELLE EN MER

Les architectes navals se basent normalement sur des essais réalisés en bassin à houle pour élaborer leurs modèles. Le bassin à houle a également été un outil précieux dans l'étude des problèmes des engins de sauvetage, par exemple dans la conception de la flèche PROD de la société Watercraft et du S.M.E. de la société SeaTek. Cependant, bien des arguments prêchent en faveur d'une série d'essais grandeur réelle de toute nouvelle CSAP (y compris du système à chute libre Harding), essais qui seraient réalisés à l'aide d'instruments et en l'absence de passagers, par déploiement à partir d'une MODU dans une mer houleuse. La CSAP est après tout un système complexe destiné à sauver des vies dans des situations d'urgence en mer. En plus de faire ressortir les problèmes associés au matériel, s'il en existe, une série d'essais réalisés à l'aide d'instruments et consistant à déployer en mer des CSAP qui sont suivies et récupérées permettrait de recueillir des données difficiles à obtenir dans un bassin à houle. Les vitesses des particules d'eau en mer houleuse peuvent être de 20 pi/s ou plus, et ce facteur combiné à des grands vents et à des lames déferlantes peut causer des problèmes lors de l'entrée dans l'eau, de l'écartement de la plate-forme et du séjour en pleine mer. Dans ces essais, on peut facilement utiliser des instruments qui permettent de commander l'appareil à gouverner et les moteurs de l'engin de sauvetage à partir du navire de récupération, et il existe plusieurs moyens de suivre en continu la CSAP jusqu'à sa récupération.

MISE AU POINT DES SYSTÈMES

Nous croyons qu'aucune activité importante de mise au point d'une CSAP ne sera entreprise par l'industrie à moins que des mesures expresses ne l'imposent. Dans le cas de la Norvège, l'impulsion a été donnée par un programme de recherche et développement subventionné par le gouvernement. Ce programme a permis de produire le système à chute libre Harding. L'*U.S. Coast Guard* semble avoir reconnu que ce mécanisme peut être nécessaire, car selon elle(4):

> Le problème de l'abaissement des canots et des radeaux de sauvetage à partir d'une MODU, attribuable aux hauteurs en jeu et à l'absence de protection résultant de la structure dégagée de la plate-forme, n'a pas été résolu de façon satisfaisante. Pour étudier ce problème, on devrait mettre sur pied à l'échelle mondiale, par l'intermédiaire de l'Organisation maritime internationale (O.M.I.), un programme de collaboration gouvernement-industrie.

Nous croyons que les programmes internationaux communs sont lourds et nous aimerions qu'il y ait, au moins aux États-Unis, un programme de développement subventionné par le gouvernement et administré par l'*U.S. Coast Guard*.

Il ne faut pas interpréter l'appui donné à un projet de développement subventionné par le gouvernement comme une critique de l'industrie. Il s'agit peut-être d'une critique du système entier à l'intérieur duquel nous travaillons tous dans l'industrie offshore. Les entrepreneurs en forage et les sociétés pétrolières s'opposent à l'application des nouveaux règlements gouvernementaux et cette attitude est compréhensible. Cependant, bien qu'elle ait fait preuve d'une grande ingéniosité pour résoudre les problèmes de forage et de production, l'industrie offshore n'a pas accordé autant d'importance à l'amélioration des CSAP. Les fabricants de CSAP et de bossoirs ne sont pas pour l'instant en mesure d'apporter des changements radicaux. Lorsqu'ils font une soumission pour une CSAP, ils cherchent généralement à concurrencer les autres fabricants au plan des spécifications existantes, et le soumissionnaire qui fait l'offre la moins chère obtient le contrat. Cette façon de procéder explique en partie pourquoi on utilise si couramment la «natte de fibre de verre orientée au hasard» dans la structure des engins de sauvetage et pourquoi on utilise les dispositifs de retenue des passagers les plus simples possibles. Le coût est un facteur important qui semble jouer en faveur des programmes de développement subventionnés par le gouvernement. Pour réaliser le système requis, il faut une coque et une structure nouvelles de l'engin de sauvetage, une évaluation en situation des nouveaux dispositifs de retenue des passagers, probablement de nouveaux bossoirs et des essais grandeur réelle coûteux. De plus, il faut envisager de nouveaux règlements gouvernementaux pour imposer l'utilisation du nouveau système une fois qu'il a été mis au point.

CONCLUSIONS

Un examen de la documentation disponible a permis de constater qu'il y a unanimité sur les problèmes à résoudre en vue d'augmenter les chances de survie lorsqu'une situation d'urgence force le personnel d'une unité de forage à fuir par mer dans les eaux canadiennes. Certaines solutions techniques ont été proposées, et il en existe sûrement d'autres. En fait, il semble évident que des progrès considérables peuvent être réalisés si les efforts sont bien orientés. Il n'est pas nécessaire d'inventer. Le principal obstacle semble être la création au sein de notre industrie offshore et de nos gouvernements respectifs d'un mécanisme permettant de faire débloquer la situation.

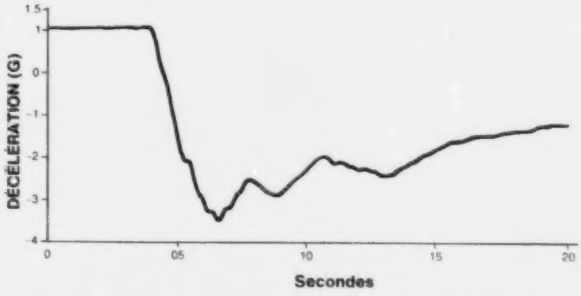


FIGURE 4 Décélération de l'engin de sauvetage avec système de mise à l'eau lors d'une chute libre de 30 pieds au-dessus de la surface de l'eau.

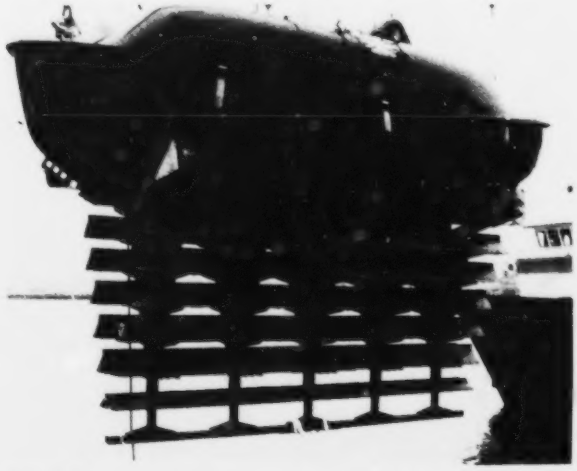


FIGURE 5 Système de mise à l'eau SeaTek conçu pour une chute libre de 90 pieds, installé sur une CSAP Watercraft.

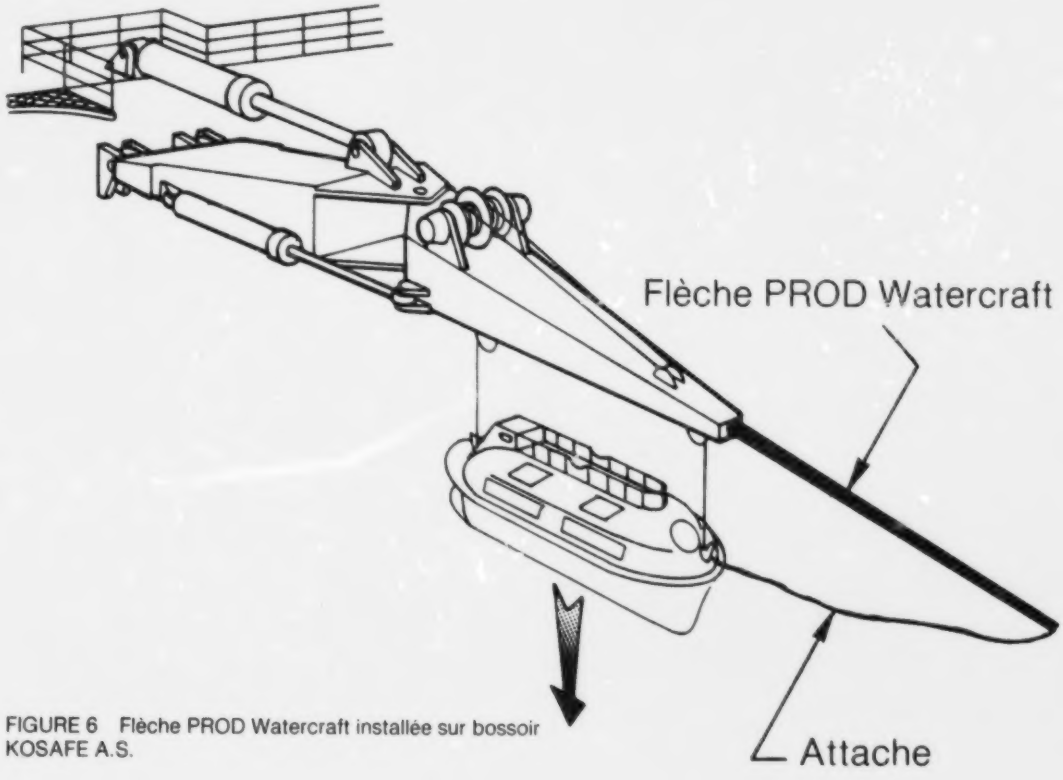


FIGURE 6 Flèche PROD Watercraft installée sur bossoir KOSAFE A.S.

Bibliographie

(1) Technica. «Risk Assessment of Emergency Evacuation From Offshore Installations», étude réalisée pour le compte du ministère de l'Énergie du R.-U. Londres, septembre 1983.
(2) Joughin, R.W. «Ship Operators View of Failings in Design of Survival Craft», communication présentée à la *RINA Conference on Marine Survival Craft*. Londres, du 14 au 16 novembre 1983.
(3) Hollobone Hibbert and Associates. «Assessment of the Means for Escape and Survival in Offshore Exploration Drilling Operations», rapport présenté à l'intention de la Commission Royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger*. Janvier 1984.
(4) U.S. Coast Guard. Rapport n° USCG 16732/0001 HQS 82. «Marine Casualty Report Mobile Offshore Drilling Unit (MODU) *Ocean Ranger*». 20 mai 1983.
(5) O.M.I. Révision du Chapitre III de la convention SOLAS de 1974.
(6) Gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador. «Technical Investigation of *Ocean Ranger* Accident». Avril 1983.
(7) U.S. Code of Federal Regulations, Vol. 46, Subpart 160.035, pages 120-142. 1er octobre 1981.
(8) U.S. MIL-P-1754D (SH). «Military Specification: Plastic Laminates, Fibrous Glass Reinforced, Marine Structural». 31 août 1981.
(9) U.S. Air Force MIL-S-04793.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT F

Dr C. Brooks
Médecin-chef du Commandement
Quartier général du Commandement maritime

Vers le mois de février de cette année, le Dr Solandt est venu à mon bureau et m'a dit: «Je sais que vous vous intéressez aux questions d'évacuation et de survie. Aimeriez-vous participer au débat lors de notre réunion sur l'*Ocean Ranger*? Nous souhaiterions que vous nous apportiez des observations de nature à provoquer des réactions.» C'est donc à cette demande que je veux répondre ici, le Dr Solandt.

M. Shaar, j'ai bien aimé votre document et ce que je vais dire ne viendra que le confirmer.

Votre dispositif SeaTek est conçu, en fait, selon une technologie qui date de la Deuxième Guerre mondiale et à laquelle on a apporté quelques améliorations. À dire vrai, il faut admettre qu'il ne répond peut-être pas aux besoins actuels. Je crois que le temps est venu de prendre exemple sur le groupe de compagnies fournisseuses d'équipement de survie pour notre aviation et je vous proposerai maintenant une illustration de ce qui pourrait se faire en cette matière.

Lors de l'exercice précédant immédiatement l'*International Air Show*, un appareil Lightning de la RAF, s'approchant de Farnborough, volait à une altitude de 350 à 400 pieds lorsqu'il happa un gros oiseau, ce qui força le pilote à s'éjecter. Ce dernier a déclenché le mécanisme d'éjection, son siège a été projeté hors de l'appareil, son parachute s'est déployé et, en trois secondes environ, il s'est retrouvé sain et sauf au sol. Ce système a été mis au point dans les années 1950. Depuis cette époque, il est très courant que des équipages aériens volant à grande vitesse et à basse altitude, soit à 450 ou 550 noeuds et à une altitude d'environ 100 pieds, s'éjectent de leur appareil. Ils s'en sortent généralement sains et saufs. Il est vrai que certains s'infligent des fractures par écrasement à la colonne vertébrale et d'autres, des luxations aux coudes, mais ce qui importe, c'est que tous sauvent leur peau. Les blessures initiales que certains ont subies n'étaient pas mortelles et ils s'en sont remis.

Avec le nouvel appareil CF-18, nous sommes dans l'heureuse situation suivante: un aviateur qui avancerait sur la piste à une vitesse d'environ 70 noeuds, immédiatement avant le décollage, et qui découvrirait un incendie à bord, n'aurait qu'à tirer la manette de son siège éjectable et, en moins de trois secondes, il serait projeté à 250 pieds dans les airs, son parachute serait entièrement déployé et il arriverait au sol. Sans ce genre de dispositif que nous avons présentement, il serait obligé d'immobiliser complètement son appareil, de descendre le boîtier de dégrafage automatique, de retirer son équipement de télécommunication et d'alimentation en oxygène, de grimper sur la verrière, d'éjecter la verrière et de sauter au sol d'une hauteur de huit pieds et six pouces depuis le prolongement du bord d'attaque de l'aile. Voilà le genre de technologie que nous avons de nos jours.

Ce que je veux vous dire, c'est que, selon moi, nous devrions envisager la possibilité d'employer le même dispositif pour évacuer les gens d'une MODU de 100 pieds de hauteur, pendant une tempête. Il n'y a qu'un pas de plus à faire pour mettre au point la technique requise. Ce système présenterait de grands avantages: le dispositif serait très éloigné de l'installation, il n'y aurait pas de moteur à faire démarrer, il n'y aurait pas de givrage et, enfin, le dernier avantage mais non le moindre, une fois dans l'eau, il servirait d'enveloppe protectrice assurant la survie des personnes en attendant qu'un hélicoptère vienne les chercher à la fin de la tempête. Le premier inconvénient que j'y vois, et j'entends déjà les sociétés pétrolières pousser les hauts cris, c'est qu'il pourrait en coûter une fortune pour mettre ce dispositif au point. Mais je ne suis pas sûr de cela. Nous nous sommes dotés d'un magnifique réservoir destiné à produire des vagues et je suis sûr qu'il nous en coûterait moins cher pour nous permettre d'obtenir un tel dispositif. Celui-ci conviendrait à tous les autres types d'embarcation et serait particulièrement utile aux gens qui se rendent dans l'Arctique et qui doivent le plus souvent atterrir sur les glaces.

Comme il y a toujours eu des désastres marins et qu'on les a toujours considérés comme une fatalité, avec les pertes humaines inévitables, je prétends que les gouvernements, tout comme les industries, n'ont jamais vraiment consacré beaucoup d'argent au perfectionnement de l'équipement nécessaire à ces travailleurs, et je pense qu'il est à peu près temps qu'ils le fassent.

En deuxième lieu, je me pose des questions sur la formation. Nous avons beaucoup parlé de formation, ce matin. Un système d'évacuation n'est jamais meilleur que le programme de formation en vigueur à bord de l'installation. Si j'étais propriétaire de l'installation, j'exigerais que toutes les personnes à bord passent par des compartiments remplis d'eau et qu'elles me montrent, à moi et aux responsables de la réglementation, qu'elles savent s'y prendre pour en sortir.

Je me demande aussi si nous devons

admettre à bord des installations des gens qui ne savent pas nager. J'aimerais parler un peu de la noyade. Vous savez probablement que, dans le voisinage du coeur, nous avons ce qu'on appelle le nerf vague; c'est le principal «fil» électrique entre le cerveau et le coeur. Ce nerf se comporte curieusement sous l'effet de la stimulation: contrairement aux autres nerfs, son activité ralentit. Ainsi, lorsqu'une personne est plongée dans l'eau froide, l'eau qui pénètre dans le nez et la gorge stimule ces segments du nerf vague et ralentit le coeur, qui peut même parfois s'arrêter. Il arrive, aussi, en cas de peur et de terreur extrêmes, qu'une grande quantité d'adrénaline se répande dans le système et provoque le battement irrégulier ou même l'arrêt du coeur. Ce que je veux dire, c'est que, lors d'une catastrophe terrible, ces gars qui ne sont jamais allés dans l'eau, qui en ont peur et qui doivent y plonger lorsqu'elle est froide, courent le risque d'être déjà morts au moment d'arriver dans l'eau, même avec le meilleur gilet de sauvetage et le meilleur vêtement d'immersion au monde.

Je crois aussi qu'il y a lieu de se demander jusqu'à quel point nos opérateurs principaux savent à quel moment abandonner une installation. Certains parmi vous peuvent croire que les connaissances requises se limitent pratiquement au simple matelotage. Et si quelqu'un avait pris la bonne décision de faire cesser le forage puis de foutre le camp, nous ne serions pas tous ici aujourd'hui pour en parler.

J'aimerais maintenant faire une observation au sujet de nos hélicoptères. Nous dépensons énormément d'argent pour faire évacuer les gens des dunkers (bassins d'immersion) Dilbert et HUET. Nous savons tous très bien qu'un hélicoptère, en arrivant dans l'eau, bascule immédiatement et qu'il faut ensuite évacuer les passagers de l'appareil renversé. Je me demande pourquoi les sociétés pétrolières, qui doivent avoir un puissant lobby, ne s'adressent pas aux grands fabricants d'hélicoptères pour leur demander de créer un tout nouveau type d'hélicoptère capable de flotter sur l'eau, ou encore dont on pourrait éjecter la partie supérieure. Le largage de la verrière pourrait être déclenché par un cordeau détonant miniature, lequel existe déjà, après quoi les passagers pourraient être éjectés hors de l'appareil. Pour cela, il s'agirait simplement de développer un tout petit peu la technologie déjà existante.

Je voudrais maintenant passer à l'un de mes sujets favoris, soit les vêtements d'immersion et les canots. Je vais vous dire quelques vérités à ce propos. Premièrement, en ce qui concerne les matières utilisées, nous n'avons absolument rien de nouveau. De fait, ce que nous avons de mieux, dans ce domaine, c'est encore le vieux 28 Frankenstein, en tissu gonflable, qui a été inventé en 1940. Je crains bien que le Goretex et toutes les autres inventions semblables ne comportent en réalité aucun avantage par rapport au vieux 28. Nous avons évidemment un problème à cause du col: la seule façon de le rendre étanche, c'est par un anneau de caoutchouc entourant le cou. Certains ont mis à l'essai et continuent de me proposer différentes combinaisons de protection dont le col comporte une séparation. Nous avons ici un problème d'ergonomie: à cause de la pomme d'Adam, on ne peut rien ajuster s'il y a une séparation. C'est physiquement impossible d'obtenir un col étanche. Le seul moyen d'y arriver consisterait à faire un capuchon complet et à y mettre une fermeture éclair qui arriverait à peu près à côté de l'oreille. Mais on sait ce qui se produit quand on donne aux opérateurs des vêtements qu'ils n'aiment pas: ils ne les portent pas. Ce qui fait que tout le monde perd son temps. Il nous faut chercher un moyen technique de créer de nouveaux types de vêtements d'immersion.

Toujours à propos de vêtements d'immersion, si vous considérez certains vêtements d'abandon de navire, vous constatez qu'ils ont une flottabilité inhérente d'environ 30 livres et qu'ils n'ont aucune caractéristique destinée à les rendre inchavirables. Vous êtes obligé d'endosser, par exemple, un gilet de sauvetage Beaufort Mark 29 comportant une charge de 45 grammes de CO_2 pour obtenir un moment de redressement automatique. Imaginez cela: je ne sais pas si vous avez déjà essayé de monter à bord d'un canot avec cela sur le dos, dans la piscine, pas avec un vent de force six ou sept. C'est physiquement impossible. Vous êtes forcé d'enlever votre gilet de sauvetage. C'est absolument épuisant. Il faut donc consacrer beaucoup plus d'argent à la recherche de nouvelles matières et de nouvelles méthodes pour la confection de vêtements de survie.

Je vous ai dit que je serais délibérément provocateur: je vais maintenant tirer ma dernière salve. À titre de marin, j'avoue que je fais ici un autre emprunt à l'aviation. Dans l'aviation, il existe deux postes, au sein des escadrons, pour lesquels l'équipement constitue une responsabilité très importante. Le premier est l'officier des vols de la base et le second, l'officier de l'équipement de survie. Les deux titulaires de ces postes ont comme tâche secondaire de veiller à la qualité de l'équipement. Il s'agit d'une tâche secondaire bien définie, non pas la dernière d'une série de quinze tâches, de telle sorte qu'ils peuvent lui accorder le degré de priorité nécessaire. Les deux personnes sont en rapport direct avec leur commandant d'escadron et leur commandant de base. S'ils ont le sentiment qu'on devrait mettre fin à une opération parce qu'elle présente un danger quelconque, ils communiquent avec le commandant d'escadron et celui-ci arrête tout, tant que les correctifs nécessaires n'ont pas été apportés et qu'on ne dispose pas de l'équipement approprié. Je dirais que c'est l'une des raisons pour lesquelles l'industrie de l'aviation dispose généralement d'un équipement bien supérieur à celui de l'élément mer. Je recommanderais ces gens aux entreprises pétrolières offshore.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT F

D.J. Riffe
Ingénieur principal de projets
Gulf Oil Corporation

Le désastre survenu récemment au large des côtes du Brésil indique bien qu'il y a encore des améliorations à apporter à la conception et à la fabrication de l'équipement d'abandon d'urgence. Les quarante victimes, au dernier dénombrement, ne sont pas mortes au moment de l'éruption survenue sur la plate-forme *Petro Bras*, mais bien en tentant d'évacuer la plate-forme dans une embarcation de sauvetage ouverte. Tous les hommes à bord de l'embarcation se sont apparemment noyés par suite du chavirement de l'embarcation dans une mer houleuse.

L'évacuation d'une plate-forme met à dure contribution les ressources physiques et mentales des personnes, à cause des circonstances dans lesquelles elle doit se faire. Cette évacuation doit être simple, rapide et, par-dessus tout, sans danger. À cause des systèmes à chute libre ou largables qui sont employés, tous les membres d'équipage doivent être assis et attachés avant la descente de l'embarcation. Comme les passagers de l'embarcation sont des humains, il peut arriver que des membres d'équipage ne soient pas attachés, lorsque l'un deux, dans un moment de panique, détache prématurément l'embarcation. À ce moment-là, il y a de fortes chances que ceux qui ne sont pas attachés subissent des blessures, avec un impact de force 3 g à 12 g. On peut citer comme exemple le terrible accident survenu sur la plate-forme *Ekofisk Alpha*, en mer du Nord: trois hommes sont morts parce qu'ils n'étaient pas encore attachés lorsqu'un membre d'équipage affolé a déclenché le mécanisme du crochet, ce qui a provoqué la chute de la capsule d'une hauteur d'environ 20 mètres dans l'eau. Ce fut un accident horrible: le choc fut si violent que deux des trois victimes ont été trouvées la tête enfoncée dans la poitrine.

Pour la sécurité des passagers, le canot de sauvetage du type à chute libre est muni de ceintures de sécurité qui passent par la poitrine, la taille et les épaules et dont l'élément le plus angoissant est peut-être cette bande qui fixe la tête au siège pour empêcher toute blessure au cou. Cette attache donne l'impression justifiée qu'on s'embarque dans quelque chose qui pourrait être très dangereux, si tout ne va pas normalement. Pour être monté dans une embarcation à chute libre, il y a quelques années, je puis vous assurer que la chute et l'impact qu'on y subit procurent autant d'émotions que n'importe quel jeu mécanique. Dans ces jeux, cependant, la descente peut être contrôlée et on peut en sortir après quelques instants, ce qui n'est pas nécessairement le cas avec les embarcations à chute libre. Il est intéressant de noter que, selon les résultats de recherches psychologiques, ce n'est pas l'impact mais la chute qui fait le plus peur aux membres d'équipage.

L'embarcation Harding, après l'impact, est complètement submergée. Comme elle passe quelques instants sous l'eau, il peut s'avérer difficile de la contrôler, surtout quand la mer est mauvaise. À ma connaissance, on n'en a jamais fait l'essai en mer houleuse comme, par exemple, dans l'Atlantique nord et en mer du Nord. On ne sait encore rien du comportement de cette embarcation en mer agitée et par grand vent.

Il y a, certes, beaucoup de recherches en cours sur ce problème particulier, mais, jusqu'à maintenant, on n'a pas encore trouvé l'embarcation de sauvetage idéale. Plusieurs des innovations techniques déjà présentées, loin d'améliorer les conditions de sauvetage, les détérioraient. Ces concepts doivent être mis à l'essai dans des conditions extrêmes avant d'être approuvés. Dans le cas de l'embarcation à chute libre, personne ne sait vraiment si elle peut remplir son rôle correctement en cas d'urgence. Certains diront qu'elle n'a pas été efficace et pourrait même avoir été néfaste dans les cas de l'*Alexander Kielland* et de l'*Ocean Ranger*. La sécurité de la mise à l'eau repose sur trois éléments: le dispositif de dégagement, la qualité de l'entretien et le fait que le personnel sache se servir de l'embarcation couverte.

Les discussions concernant le rapport de M. Shaar sur l'abandon d'urgence n'ont pas porté uniquement sur les embarcations de sauvetage. D'autres questions ont aussi été abordées, dont je veux faire état rapidement:

1. Les vêtements de survie que l'on trouve aujourd'hui sur le marché ont les défauts suivants:

- La plupart des vêtements de survie ne sont pas conçus pour assurer un redressement automatique.
- Les fermetures éclair doivent être améliorées de façon à ne pas nécessiter d'entretien et à résister à la corrosion.
- Il faudrait employer de meilleurs tissus et rendre les coutures plus solides, car ces vêtements ne répondent pas toujours aux exigences en cas de détresse.
- Les vêtements de taille universelle sont souvent trop grands pour les personnes de petite taille: celles-ci peuvent y disparaître en sautant dans l'eau. La fermeture étanche au visage

n'est pas encore satisfaisante.

- Les organismes qui établissent les règlements concernant les travaux offshore devraient avoir leurs propres moyens de contrôle de la production, quels que soient les moyens employés par d'autres organismes.

2. Les radeaux de sauvetage que l'on trouve sur le marché ont les défauts suivants:

- Les provisions d'eau et de nourriture à bord de ces radeaux sont insuffisantes: elles ne permettent de survivre que pendant une très courte période.
- Les radeaux de sauvetage ne sont pas munis de dispositifs de radioralliement ni de systèmes de communication qui pourraient aider les secouristes éventuels à les repérer dans des conditions difficiles.
- Les moyens traditionnellement employés pour se rendre aux radeaux, soit les cordes à noeuds et les échelles de corde, sont très instables et peuvent provoquer la chute prématurée de membres d'équipage dans l'eau, avec les blessures qui s'ensuivent.
- Les ancres flottantes de ces radeaux, utilisées pour la dérive et pour maintenir la stabilité positive, sont souvent inadéquates, sélon l'état de la mer.

3. Enfin, le personnel n'est pas suffisamment entraîné à utiliser l'équipement de secours dans les situations d'urgence. Une partie des pertes de vie humaine subies lors d'accidents en mer est attribuable à cette lacune.

En améliorant l'entraînement et l'équipement, on peut réduire les pertes de personnel dans les situations d'urgence. Toutefois, il est très important de noter que le temps d'évacuation est peut-être le facteur le plus important de tous.

Résumé de la discussion générale

M. Per Klem précise le rôle de son institut *Ship Research Institute of Norway* en ce qui concerne la production des embarcations de sauvetage en disant que cet institut est indépendant de l'industrie des embarcations de sauvetage, et qu'il a mis au point pour la première fois, en 1973, une embarcation de sauvetage du type à chute libre, en collaboration avec Harding. Il dit que la conception de ce type d'embarcation date de 1897, et que le système présentement installé sur le *Dyvi Delta* est semblable au modèle initial, sauf qu'on y a apporté quelques petits changements techniques. L'institut est présentement à la recherche de fonds qui lui permettraient de mener d'autres recherches sur le principe de la chute libre en vue de réduire le coût, le poids et la complexité mécanique de ce système, pour en doter les MODU.

M. Klem est d'accord avec la proposition de M. Shaar de réadapter les systèmes à bossoir existants pour les rendre plus efficaces, mais il doute que ce système comporte des avantages par rapport à l'embarcation à chute libre, et il dit qu'il présente même de nombreux inconvénients parce qu'il nécessite des dispositifs mécaniques compliqués. M. Klem admet, toutefois, que le vidage et le redressement automatiques sont des aspects importants du problème de la récupération du personnel. Il admet aussi qu'il est souhaitable de procéder à des essais grandeur réelle en mer houleuse, mais il mentionne plusieurs difficultés inhérentes à ces essais: disposer d'instruments et d'un équipement prêts à servir lorsqu'une tempête est annoncée, loger le personnel supplémentaire pendant les essais et assurer un dédommagement pour l'embarcation utilisée jusqu'à ce qu'elle soit récupérée et remise en place. Il y a aussi un autre problème: on ne peut répéter souvent ces essais sans endommager les embarcations. Il fait valoir le fait que, jusqu'à maintenant, les essais d'embarcations à chute libre n'ont donné lieu à aucune blessure grave, tandis que les embarcations de sauvetage classiques se sont avérées dangereuses, même pendant les séances d'entraînement. M. Klem regrette qu'il n'existe apparemment aucun mécanisme destiné à encourager la collaboration entre l'industrie et le gouvernement dans le domaine de la recherche, afin que soit amélioré l'équipement utilisé.

M. Klem fait observer que, même si les vêtements de survie actuels sont loin d'être parfaitement au point, ils ont déjà sauvé la vie de plusieurs personnes et que, par conséquent, on ne doit pas les mettre de côté.

M. R.L. Markle (*U.S. Coast Guard*) fait remarquer qu'on surestime l'importance du dispositif de redressement automatique des vêtements de survie, et que les personnes concernées feraient mieux de s'exercer à contrôler leur respiration. M. R. Fodchuk (Shell Canada) convient qu'on surestime la capacité de redressement automatique des vêtements d'immersion, et que les vêtements soi-disant inchavirables ne le sont pas tous réellement, quoiqu'on puisse facilement arriver à se redresser, moyennant un peu d'exercice. Il dit que l'industrie a commencé à collaborer avec l'Association canadienne de normalisation pour améliorer la qualité des vêtements de survie, c'est-à-dire de l'un des divers moyens de sauvetage.

M. E. Dudgeon (CNR) dit qu'il trouve raisonnable l'avis exprimé par la Commission dans son rapport de la partie un, selon lequel tous les membres d'équipage d'une MODU ne sauraient ou ne devraient bénéficier d'un même entraînement face à l'utilisation des moyens d'évacuation. Il préconise une assistance accrue des navires de soutien dotés d'équipes spécialement entraînées. Pour appuyer ses dires, il cite en exemple une méthode d'évacuation qu'on est à mettre au point au Royaume-Uni: une équipe de sauvetage d'un navire de soutien ayant subi un entraînement très poussé évacue l'équipage d'une MODU en le faisant passer à bord du navire au moyen de sellettes sur des câbles.

Le docteur C. Brooks (quartier général – Commandement maritime, MDN) croit qu'il ne serait pas déraisonnable que chaque personne désirant travailler en mer puisse recevoir des instructions générales sur la survie, faire la visite d'une installation et expérimenter l'immersion dans l'eau. Le vice-amiral A.J. Fulton (retraité des Forces canadiennes) est d'accord quant à la nécessité de donner au personnel une formation complète en matière de survie. Il doute qu'il soit possible de faire passer le personnel d'une MODU à bord d'un navire de soutien au moyen de câbles, et il ajoute que, pour réussir cette opération, il faut disposer d'un équipement perfectionné et d'une grosse équipe très bien entraînée. M. Markle est d'avis que ce système n'est guère applicable aux installations de forage en mer et que celles-ci devraient plutôt rechercher l'autonomie.

M. J. Gow (Mobil Oil Canada) informe les participants que tous les travailleurs en haute mer de l'est du Canada suivent un cours élémentaire de survie d'une durée d'une semaine, parrainé par l'industrie et le gouvernement. M. J. Turton *(Survival Systems Ltd.)* décrit brièvement les objectifs du programme de formation élémentaire des travailleurs en mer et il dit qu'en Nouvelle-Écosse, plus de 1 300 personnes l'ont déjà suivi. À Terre-Neuve, les travailleurs reçoivent aussi une formation spéciale dans le cadre d'un programme semblable appelé *Basic Offshore Survival Training*. Il souligne que l'industrie a pris cette initiative et qu'elle réévalue et réadapte constamment le contenu du cours. M. R. Fodchuk souligne à nouveau l'intérêt que l'industrie porte à la formation et il mentionne que les cours comprennent des essais d'immersion avec les vêtements de survie, en piscine et en pleine mer.

M. Gow remet en question l'installation des embarcations de sauvetage sur les ponts supérieurs des MODU, car il estime qu'une partie des problèmes provient de la difficulté d'accès des moyens de sauvetage. Il fait aussi remarquer qu'à son avis, la responsabilité de l'amélioration des embarcations de sauvetage devrait être assumée davantage par l'industrie maritime que par l'industrie pétrolière.

M. C. Shaar (SeaTek Corp.) fait observer que les fabricants ne sont pas tellement incités, à cause du système de réglementation et du marché concurrentiel, à consacrer beaucoup de temps et d'efforts à la recherche en vue de mettre au point un produit d'une qualité supérieure au minimum réglementaire. M. Fodchuk dit que l'industrie pétrolière, qui attend des fabricants une solution aux problèmes d'évacuation, est frustrée par leur manque d'esprit d'entreprise et d'initiative. M. Shaar préconise l'établissement d'un système qui encouragerait la recherche et le développement, même si les seuls grands travaux présentement en cours visent à améliorer les embarcations du type à chute libre. On devrait procéder à des essais dans les conditions réelles d'utilisation des embarcations de sauvetage à chute libre sans, pour autant, renoncer à améliorer les embarcations du type classique, qui sont aussi pratiques, du point de vue technique.

M. Turton soutient que la facilité d'entretien des embarcations est un aspect important trop souvent négligé. Il fait état du problème du contrôle de la qualité à l'étape de la fabrication, et il laisse à entendre que les organismes de réglementation ne prennent pas les mesures nécessaires pour s'assures que les embarcations sont bien faites ou font l'objet d'un entretien approprié. Il apporte comme exemples les accessoires

inadéquats des ceintures de sécurité, les moteurs au démarrage difficile, les défauts des ancres flottantes et la mauvaise qualité des ponts et planchers antidérapants. M. D.J. Riffe (Gulf Oil Corp.) admet avoir constaté que les embarcations avaient des défauts, souvent dus à un mauvais entretien, dans les diverses régions du monde où sa compagnie est présente. M. Turton pense aussi que les organismes de réglementation doivent s'assurer que l'équipement de secours, quelle que soit sa provenance, convient à la région où se fait le forage. Selon M. J.J.S. Daniel (Hollobone, Hibbert), il serait raisonnable d'établir des normes d'utilisation des embarcations de sauvetage en fonction des conditions présentées par les divers lieux de forage, de façon à mettre au point des moyens de sauvetage qui soient adaptés autant que possible à ces conditions.

M. Shaar est d'avis qu'on en demande trop aux organismes de réglementation, car ils n'ont pas le personnel suffisant pour exercer un contrôle aussi serré sur la fabrication, la vente, l'installation et l'entretien des installations d'embarcations de sauvetage. M. Markle dit que les règlements de la *U.S. Coast Guard* exigent un contrôle de la qualité pendant la fabrication des embarcations, mais il est difficile d'effectuer ce contrôle sans défaire le produit fini. M. Turton tient toutefois à dire que les méthodes d'inspection employées à l'étape de la fabrication laissent beaucoup à désirer, ce qui fait qu'on laisse passer trop d'équipement défectueux.

M. I. Manum (*Norwegian Maritime Directorate*) fait observer que, même s'il est nécessaire de rechercher des améliorations, les statistiques sur les accidents montrent que les embarcations couvertes en usage ont déjà contribué à sauver bien des vies. Il mentionne les accidents impliquant l'*Alexander Kielland* et le *Vinland* et il dit que, sur le *Vinland* en particulier, les embarcations sont installées de façon à s'écarter très tôt de l'installation au moment de la mise à l'eau. M. Markle souligne à nouveau l'importance d'avoir des systèmes de mise à l'eau qui permettent de garder les embarcations intactes au moment de leur déploiement car, selon lui, les embarcations doivent être intactes pour être efficaces. Il préférerait un système dont la mécanique et le fonctionnement soient simples, de façon qu'il soit plus facile à utiliser tout en exigeant moins d'entraînement.

M. Markle fait remarquer que, bien que les radeaux de sauvetage ne soient pas les moyens d'abandon les plus utilisés, on est à mettre au point de nouveaux dispositifs de stabilisation qui les rendront plus efficaces par mauvais temps. Il ne faudrait donc pas les oublier.

Le président de la séance, M. A.J. Mooradian conclut les entretiens en disant que, pour parvenir à mettre au point des moyens de sauvetage adéquats, il faut, avant tout, établir des normes de rendement. D'après lui, l'esprit de grande collaboration qui règne entre les participants laisse croire qu'on y arrivera.

E. Klippenberg
Directeur
Norwegian Defence Research Institute

M. Klippenberg travaille depuis 30 ans pour cet établissement norvégien de recherche pour la défense, en sa qualité de spécialiste de la recherche opérationnelle. Au cours de cette période, il a été pendant quatre ans chef de la Division de la recherche opérationnelle au *SHAPE Air Defence Technical Centre*, à La Haye. M. Klippenberg est actuellement directeur du *Norwegian Defence Research Establishment*.

DOCUMENT G

Aperçu de la recherche opérationnelle sur un système de sauvetage en milieu océanique froid

INTRODUCTION

L'objectif du présent exposé est l'étude du système de sauvetage en tant que partie principale du programme global concernant la sécurité au large de la côte est du Canada. Aux fins du présent exposé, le système de sauvetage est défini de façon à inclure les activités du processus de sauvetage allant de l'affectation des ressources de recherche et de sauvetage jusqu'à la fin de la mission.

Les caractéristiques d'un système de sauvetage efficace sont toutefois reliées très étroitement à la nature des autres parties principales du programme global visant à prévenir les pertes de vie et les blessures dans les activités en mer. Pour la présente étude, ces autres parties principales sont la prévention des incidents, le processus d'alerte, y compris la prise de décision et la transmission de commandes d'affectation des ressources au système de sauvetage, et les mesures visant à assurer l'évacuation sans danger et la survie des victimes d'une situation d'urgence jusqu'à l'arrivée des équipes de sauvetage. Comme les ressources totales disponibles pour les mesures de sécurité ne sont pas illimitées, il faudra faire des compromis prudents entre les parties principales afin d'obtenir un système global optimum. Un examen du système de sauvetage doit donc se faire en tenant compte des autres parties principales du système total.

Le présent exposé ne vise pas à étudier ni à favoriser un système de sauvetage particulier pour les situations d'urgence en milieu océanique froid au large de la côte est du Canada. On ne disposait pas des renseignements nécessaires et on n'était pas en mesure de fournir les efforts requis pour une analyse adéquate, et les ressources canadiennes seraient évidemment beaucoup plus en mesure, par leurs qualifications et leur position, d'accomplir cette tâche. Nous visons plutôt à examiner les principaux éléments dont il faut tenir compte dans l'analyse du système de sauvetage actuel et de ses améliorations possibles en vue d'obtenir un système acceptable. Dans la discussion, je n'apporterai aucun élément vraiment nouveau ou surprenant. Le rapport canadien sur l'évaluation des opérations de recherche et de sauvetage publié en 1982 sous l'autorité du Comité du Cabinet chargé de la politique étrangère et de la défense (rapport Cross) présente une approche sensée et adéquate de l'analyse et de la conception d'un système de recherche et de sauvetage. Plusieurs des rapports préparés pour le compte de la Commission royale semblent traiter d'autres aspects importants du système. J'espère toutefois avoir réussi à intégrer les principales considérations dans le contexte global adéquat et à démontrer comment elles agissent l'une sur l'autre et influent sur le rendement global du système. Afin de respecter le délai fixé et au risque de sembler superficiel, j'ai dû laisser tomber plusieurs facteurs et aspects dont il faudra tenir compte dans la planification du système de sauvetage futur.

Le point de départ logique pour l'examen de systèmes aussi complexes que le système de recherche et de sauvetage est de tenter d'établir les objectifs du système et les critères sur lesquels on se base pour en mesurer ou du moins en évaluer l'efficacité par rapport à ces objectifs. En deuxième lieu, j'examine rapidement, dans le présent document, les types de scénarios pouvant nécessiter le recours au système et la suite d'événements qui peuvent caractériser ces scénarios de situations d'urgence. Après avoir rappelé les principales caractéristiques du système d'évacuation et de survie sur place ainsi que du processus d'alerte et de prise de décisions jusqu'à l'affectation des éléments de sauvetage, j'examine les divers éléments du système de sauvetage, leurs caractéristiques et leur intégration dans un système de sauvetage efficace.

OBJECTIFS ET CRITÈRES

L'objectif du programme national canadien de recherche et de sauvetage (SAR) tel que recommandé dans le rapport Cross peut s'appliquer à tout programme sérieux de sécurité des activités offshore. La recommandation se lit comme suit:

> Prévenir les pertes de vie et les blessures grâce à des activités d'alerte, d'intervention et d'aide en matière de recherche et de sauvetage qui utilisent les ressources publiques et privées, et en assurant la priorité aux mesures de sécurité aériennes et maritimes axées sur les propriétaires et les exploitants qui sont le plus souvent victimes des incidents SAR.

Cependant, pris au pied de la lettre, cet objectif n'est évidemment pas réalisable. Aucun programme de sécurité réel ne permettra de prévenir entièrement les pertes de vie et les blessures. Comme pour la plupart des autres systèmes ergonomiques complexes, la relation entre le degré de réalisation de l'objectif formulé de façon générale et le coût total du système (investissement + frais courants périodiques) est représen-

tée par une courbe en S comme celle de la figure 1. Dans les autres systèmes où on n'a pas à tenir compte de questions aussi délicates que le sauvetage ou la perte de vies humaines, les autorités responsables peuvent habituellement opter assez facilement pour un compromis entre le rendement du système et son coût total. Souvent, le point d'inflexion de la courbe en S est considéré comme un bon compromis. Au-dessus de ce point, l'augmentation du rendement pour chaque dollar d'augmentation du coût du système diminue. Dans le cas d'un programme de sécurité, la décision concernant un rendement suffisant est une question beaucoup plus délicate et, probablement dans la plupart des cas, on déterminera un rendement basé sur des coûts de programme totaux acceptables plutôt que de déterminer un rendement qui entraînera un certain coût pour le programme.

À la section précédente, j'ai inclus dans la définition du système de sauvetage les éléments dont la fonction est de répondre à une commande d'affectation des ressources et d'effectuer des opérations de recherche et de sauvetage. Le rendement du système exprimé en fonction des ressources totales affectées au sous-système donne une courbe en S similaire à celle du programme global. Cependant, la forme de cette courbe et sa position le long de l'axe des coûts sont étroitement reliées aux caractéristiques de chacun des autres sous-programmes principaux, soit:

- prévention des incidents
- alerte, prise de décision et affectation des ressources de sauvetage
- évacuation et survie sur place.

Les mesures de prévention, par exemple l'amélioration de la conception des MODU et des navires et le perfectionnement de l'équipage, permettront évidemment de réduire les risques d'incidents. Du point de vue d'un système de sauvetage, un élément qui est peut-être encore plus important est le degré suivant lequel de telles mesures permettraient de détecter rapidement une situation d'urgence à son début et ralentirait la transformation d'une situation d'urgence naissante en une crise mettant immédiatement des vies en danger ou forçant l'abandon de l'unité de forage ou du navire (figure 2). On disposerait alors de plus de temps pour mener les opérations de sauvetage, et la pression du temps qui entraîne une montée des coûts serait réduite.

De même, les mesures visant à assurer l'évacuation sans danger et ordonnée du personnel d'une unité de forage ou d'un navire en cas d'abandon forcé et les mesures visant à prolonger la période de survie critique après l'abandon permettraient d'augmenter encore le temps disponible pour les opérations de sauvetage et de réduire la pression exercée sur le système (figure 3).

Du point de vue du sous-système de sauvetage, une partie du temps total (B-D dans la figure 3) disponible pour le sauvetage est cependant utilisée pour le processus de commandement et de contrôle qui comprend l'alerte du système de contrôle de sauvetage, la prise de décision dans ce système et l'affectation des navires et des avions de sauvetage. La réduction de ce temps par une délégation adéquate de responsabilité et l'utilisation de moyens de communications fiables laisse encore plus de temps pour réaliser la mission de sauvetage (figure 4).

Du strict point de vue du système de sauvetage, tous les efforts visant à améliorer les autres sous-systèmes du programme de sécurité sont grandement souhaitables car ils permettent de réduire les pressions exercées sur le système de sauvetage. Du point de vue de l'efficacité globale des coûts, les efforts consacrés aux quatre sous-programmes doivent évidemment être équilibrés de façon que chaque dollar additionnel affecté à un des sous-programmes produise une même augmentation du rendement global du système.

Étant donné la nature critique du facteur temps et le fait que le temps disponible pour le sauvetage est fonction des autres sous-programmes, une façon commode d'exprimer le rendement du système de sauvetage serait de représenter la fraction de naufragés sauvés en fonction du temps. La forme de la courbe représentant cette fraction en fonction du temps variera bien sûr d'un type de scénario à un autre. Lorsque les incidents sont graves et que les conditions de sauvetage sont difficiles, la courbe aura encore, en première et très grossière approximation, une forme en S (figure 5). Un examen plus attentif révèlera sans doute que la forme de la courbe est plus complexe et qu'elle dépend des caractéristiques de sauvetage des sous-éléments qui composent le système de sauvetage. Il demeure néanmoins vrai qu'il faut un certain temps avant que les plates-formes de sauvetage arrivent sur les lieux et que le sauvetage puisse commencer. À mesure que le sauvetage s'effectue, la courbe s'élève avec une certaine pente, mais l'opération de sauvetage prend un certain temps et les naufragés peuvent alors se disperser sur une surface de plus en plus grande. Les recherches additionnelles en vue de repérer les naufragés peuvent par conséquent ralentir l'opération de sauvetage et alors la pente de la courbe diminue.

Comme on le mentionnait précédemment, la relation entre le temps et la fraction de naufragés sauvés dépendra bien sûr du type d'incident et de l'endroit où il se produit. Un système de sauvetage donné n'aura pas le même rendement pour un incident touchant une MODU logeant un grand nombre de personnes que pour un incident touchant un ravitailleur. Pour évaluer un système de sauvetage, il faudra par conséquent établir la relation du temps en fonction de la fraction de naufragés sauvés pour un nombre restreint de scénarios différents. À cette fin, la simulation sur ordinateur du système de sauvetage et de son application sera un outil commode. Lorsque le système ne donne pas le rendement requis dans un ou plusieurs des scénarios, on peut essayer de modifier le système de sauvetage par simulation jusqu'à ce qu'il soit acceptable.

SCÉNARIOS D'INCIDENTS

Les auteurs du rapport sur la recherche et le sauvetage demandé par la Commission royale proposent de considérer cinq types d'incidents ou situations d'urgence dans l'évaluation du système de sauvetage (tableau 1). Cet ensemble d'incidents constitue probablement une représentation adéquate et pratique de la gamme de situations d'urgence pouvant nécessiter le recours à un système de sauvetage. Compte tenu de la production future de pétrole, il est toutefois possible que des plates-formes fixes de production soient utilisées dans certaines zones au large de la côte est du Canada. Pour des raisons économiques, elles pourraient être de très grandes dimensions et loger, particulièrement pendant la phase d'installation et de mise en exploitation, quelques centaines de personnes au lieu de 50 à 100 comme une unité mobile. En ajustant le nombre de personnes, on pourrait utiliser les exemples du tableau 1 applicable à une unité mobile pour représenter des situations d'urgence touchant une plate-forme fixe de production.

L'évacuation prévue d'une MODU pourrait résulter de la prévision d'une forte tempête, de l'accumulation de glace ou d'autres facteurs. L'évacuation avec avertissement limité pourrait se produire lorsque l'évacuation prévue n'est pas réussie ou lorsque l'accumulation de glace a passé inaperçue, ou en raison d'une perte de stabilité ou d'autres facteurs. Une défaillance importante de la structure, une éruption accompagnée d'un incendie ou toute autre catastrophe pourraient nécessiter une évacuation immédiate.

Le ravitailleur ou navire de soutien est exposé en mer aux mêmes dangers que les autres navires. Cependant, étant donné son rôle, il doit faire face à des problèmes additionnels, par exemple le transfert de marchandises lourdes en mer, l'exécution de

manoeuvres à une très faible distance de l'unité mobile de forage et le déplacement de chargements en pontée ainsi que le ballastage en mer.

Les dangers auxquels sont exposés les hélicoptères sont principalement l'écrasement au moment de l'atterrissage sur une MODU ou un navire et l'écrasement ou l'amerrissage forcé en cours de route. En cas d'écrasement ou d'amerrissage forcé en cours de route, l'hélicoptère sera probablement renversé avant que les survivants puissent être évacués.

Les incidents peuvent survenir dans n'importe quelles conditions météorologiques, le jour ou la nuit. D'après les maigres données statistiques disponibles de l'autre côté de l'océan Atlantique au sujet des conditions météorologiques au large de la côte est du Canada, il pourrait être impossible, en raison de la visibilité limitée et du plafond bas, d'utiliser les hélicoptères pendant une période allant de 10 jusqu'à peut-être 100 heures chaque mois, selon l'endroit et la période de l'année. Le givrage peut aussi empêcher l'emploi d'hélicoptères pendant un certain nombre d'heures. En raison des conditions météorologiques, les hélicoptères doivent voler aux instruments pendant environ 70 % de l'année. Pour ces raisons, le rayon d'action efficace des hélicoptères est considérablement réduit.

La glace de mer et les icebergs sont aussi des facteurs dont il faut tenir compte, et en raison de la basse température de l'eau de mer, le temps dont on dispose pour sauver les personnes se trouvant dans l'eau ou dans des radeaux de sauvetage est très critique. D'après le rapport Cross, le temps de survie des personnes isolées dans l'eau sans matériel de protection est de 15 minutes à une heure pendant neuf mois de l'année. Pour des personnes blessées, ce temps peut être plus court. Cependant, de bonnes tenues d'immersion peuvent permettre de multiplier ces temps par un facteur de 10, alors que les tenues de survie des hélicoptères actuels donnent un facteur de multiplication de 2 environ. Enfin, les naufrages peuvent se produire n'importe où dans les vastes zones au large de la côte est du Canada, où l'industrie offshore est active (figure 6).

LE SYSTÈME DE SAUVETAGE

Description des éléments du système

Pour le genre d'opérations de sauvetage que peut nécessiter l'activité industrielle au large de la côte est du Canada, deux types de plates-formes de sauvetage semblent être d'une importance primordiale: les navires et les hélicoptères. Le rôle principal des avions à voilure fixe dans un milieu aussi hostile semble être la recherche dans le cas où on n'est pas certain du lieu du naufrage ou de l'endroit où se trouvent les naufragés.

Du point de vue du sauvetage, les hélicoptères et les navires ont des caractéristiques très différentes. Un examen rapide du tableau chronologique linéaire pour les opérations de sauvetage effectuées par hélicoptères et navires peut donc être utile (figure 7). Dans la présente étude, nous ne cherchons pas à examiner la différence entre les ressources de recherche et de sauvetage nationales et les ressources industrielles ou commerciales qui pourraient être utilisées, mais plutôt à faire ressortir les caractéristiques générales des deux types principaux de plates-forme de sauvetage.

Hélicoptères

Le temps de réaction pour un hélicoptère au sol ou sur un hélipont en mer est la période comprise entre la réception de l'ordre d'affectation de la ressource (R et R' à la figure 4) et le décollage. Cette période couvre le temps requis pour rassembler l'équipage et le renseigner sur le naufrage, élaborer un plan de vol et ravitailler l'hélicoptère. Pour les hélicoptères du programme SAR canadien, le temps de réaction maximum est d'une demi-heure pendant les heures de travail et de 2 heures en dehors de ces heures. Le temps de réaction effectif pour un hélicoptère en vol est fonction du carburant restant et du nombre de passagers ou de la charge transportés. Normalement, les hélicoptères industriels sont assez chargés et il faut les décharger à terre, sur une MODU ou sur un navire équipé d'un hélipont avant que l'appareil puisse être utilisé pour une mission de sauvetage.

Il peut aussi être nécessaire de ravitailler l'appareil. Les mêmes considérations s'appliqueront probablement aux hélicoptères du programme SAR national, sauf peut-être lorsqu'ils sont en mission d'entraînement. Un hélicoptère se trouvant sur une MODU aura probablement le plus court temps de réaction, peut-être de 10 à 15 minutes. En somme, le temps de réaction peut varier de 10 minutes à 2 à 4 heures, selon les circonstances.

Normalement, la vitesse des hélicoptères est de l'ordre de 115 à 135 noeuds ou milles marins à l'heure. La distance entre Sidney et le secteur de l'île de Sable de même qu'entre Saint-Jean et Hibernia est d'environ 160 milles marins, et il faut environ une heure et demie pour la parcourir (voir les figures 8 et 9, qui proviennent du rapport sur le sauvetage). Pour se rendre aux endroits plus éloignés en conditions de vol aux instruments, il faut de deux heures et demie à trois heures, car un ravitaillement est requis, par exemple à Hibernia. Avec des vents de face, les temps de déplacement peuvent être beaucoup plus longs. Dans les secteurs plus au nord, la distance entre le point d'activité en mer et la base terrestre la plus proche peut être plus grande et le temps de déplacement est par conséquent plus grand.

En supposant que les hélicoptères de transport communiquent leur position tous les 30 milles marins, que les ravitailleurs et les autres navires industriels communiquent leur position toutes les quatre heures ou qu'ils donnent au moins leur temps et leur point de départ ainsi que leur point de destination, et que le sytème de contrôle de sauvetage maintient des données suffisamment à jour, il est possible de connaître le lieu du naufrage avec une précision assez grande pour qu'un hélicoptère puisse le repérer sans perdre beaucoup de temps. Il faut pour cela qu'il y ait une émission radio provenant du navire ou de l'unité de forage en détresse ou encore d'émetteurs flottants afin de permettre à l'hélicoptère d'utiliser son radiogoniomètre pour se diriger vers le lieu du naufrage.

Cependant, lorsqu'ils ont dû abandonner le navire ou la MODU avant l'arrivée de l'hélicoptère, les naufragés, dans des conditions favorables, seront dans des canots de sauvetage couverts ou, dans des conditions moins propices, dans des radeaux de sauvetage ou même à l'eau.

Après l'écrasement ou l'amerrissage forcé d'un hélicoptère, les survivants seront également dans l'eau, peut-être sur des radeaux de sauvetage. Selon le temps écoulé depuis l'abandon, le vent, l'état de la mer et les courants, les canots de sauvetage et les survivants qui se trouvent dans l'eau peuvent avoir dérivés sur une distance considérable: une dérive de deux ou trois milles marins par heure n'est pas impossible. Même dans une telle situation, le repérage de canots de sauvetage couverts munis de radiophares de détresse ne devrait pas constituer un grave problème. Les personnes se trouvant dans l'eau peuvent être dispersées sur une surface relativement grande et, sauf dans des bonnes conditions de luminosité et de visibilité, la recherche peut demander beaucoup de temps. Avec un vent de 15 noeuds et une hauteur de houle de 3 à 4 pieds seulement, la distance efficace de repérage des personnes se trouvant dans l'eau, en plein jour, peut être limitée à quelques centaines de pieds. Les tenues de survie devraient donc être faites d'un matériel très fluorescent donnant un bon contraste avec l'eau et être munies de feux. D'après les essais effectués par l'*U.S. Coast Guard*, il semble que des tenues de survie munies de feux à éclats permettent d'augmenter la distance effective de repérage de plusieurs milles

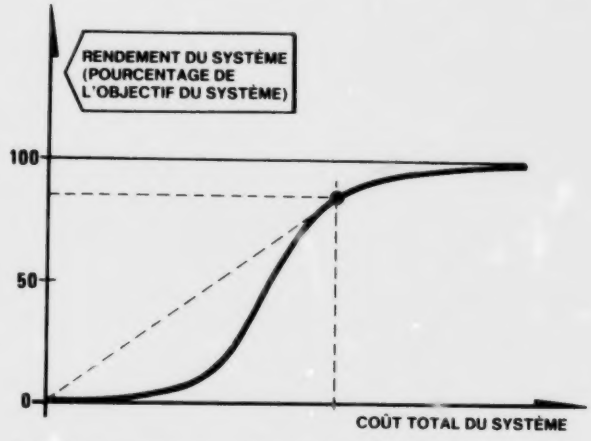


FIGURE 1 Relation entre le rendement du système et son coût total

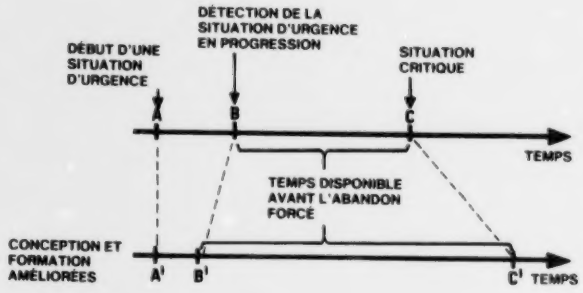


FIGURE 2 Effet de l'amélioration de la conception et de la formation sur le système de sauvetage

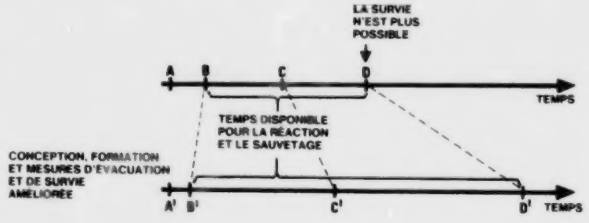


FIGURE 3 Effet de l'amélioration de la conception, de la formation et des mesures d'évacuation et de survie sur le système de sauvetage

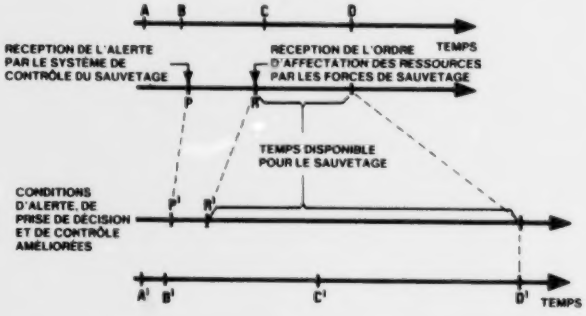


FIGURE 4 Effet de l'amélioration des conditions d'alerte, de contrôle et d'affectation des ressources sur le système de sauvetage

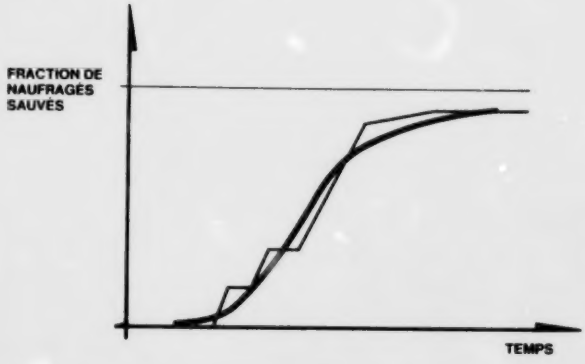


FIGURE 5 Critère d'efficacité du système de sauvetage

	PERSONNES TOUCHÉES	TEMPS POUR L'ÉVACUATION	REMARQUES
MODU – ÉVACUATION PRÉVUE	50-100	12-18 h	TRANSFERT À SEC VERS UN AUTRE NAVIRE OU UN CANOT DE SAUVETAGE
MODU – ÉVACUATION AVEC ALERTE LIMITÉE	50-100	1-2 h	COMME CI-DESSUS, PROBABLEMENT QUELQUES NAUFRAGÉS À BORD DE RADEAUX DE SAUVETAGE SUR L'EAU, PORTANT DES TENUES DE SURVIE
MODU – ÉVACUATION IMMÉDIATE	50-100	Quelques minutes	PROBABLEMENT UN GRAND NOMBRE DE NAUFRAGÉS DANS L'EAU, AVEC OU SANS TENUES DE SURVIE
RAVITAILLEUR	12-18	Quelques minutes – 1 h	LA PLUPART DES NAUFRAGÉS DANS DES CANOTS ET DES RADEAUX DE SAUVETAGE, PROBABLEMENT QUELQUES-UNS DANS L'EAU, PORTANT PROBABLEMENT TOUS DES TENUES DE SURVIE
HÉLICOPTÈRE	JUSQU'À 20		LA MAJORITÉ DES NAUFRAGÉS DANS L'EAU, AVEC DES TENUES D'IMMERSION

TABLEAU 1 Types d'incendies

marins et augmentent considérablement les chances de repérer les personnes se trouvant dans l'eau, dans des conditions de visibilité raisonnable. Pour permettre le repérage des personnes dans de moins bonnes conditions de visibilité, il semble très souhaitable de mettre au point un répondeur radio pour tenue de survie.

Après avoir repéré l'objet recherché, les hélicoptères de recherche n'ont besoin que de quelques minutes pour se poser sur un hélipont ou se placer dans la bonne position de vol stationnaire et déployer le matériel de sauvetage. Lorsqu'un hélicoptère peut se poser sur un hélipont, il suffit de quelques minutes pour faire monter les naufragés, mais plus de temps s'il faut les hisser sur des brancards.

Dans la plupart des conditions, il semble que la méthode la plus sûre pour sauver les naufragés se trouvant dans l'eau et sur des radeaux de sauvetage consiste à faire descendre un homme de l'hélicoptère à l'aide d'un treuil. Le sauveteur peut alors aider les naufragés à se placer dans un collier de cheval pour qu'ils puissent être hissés à bord de l'hélicoptère un à la fois. Lorsqu'on dispose d'un bon treuil hydraulique pouvant fonctionner de façon continue et que les naufragés ne sont pas trop dispersés dans l'eau, le sauvetage de 15 personnes peut prendre de 30 à 40 minutes. Cependant, lorsque les personnes sont dispersées dans l'eau et qu'il faut faire des opérations de recherche pour repérer des naufragés isolés, le sauvetage prend beaucoup plus de temps. Le temps de déplacement nécessaire pour l'évacuation dépend évidemment de la distance entre le lieu du naufrage et la MODU, le navire ou la base terrestre le plus près où il est possible de mettre les naufragés à l'abri.

Aux fins de la présente discussion, les figures 8, 9 et 10 permettent de résumer les caractéristiques d'un hélicoptère bien équipé pour le sauvetage. Les figures 8 et 9 montrent le rayon d'action maximal de deux hélicoptères offshore ordinaires, dans des conditions de vol aux instruments, qui s'appliquent, dans la région considérée, environ 70 % du temps. Ce rayon d'action est basé sur une période de recherche et d'assistance de 30 minutes seulement dans la zone d'urgence. Il est impossible d'utiliser les hélicoptères, surtout en raison du plafond bas et de la faible visibilité, pendant 10 à 100 heures au cours de chaque mois, selon l'endroit et la période de l'année. Selon la distance entre le lieu du naufrage et l'héliport et en supposant un système d'alerte, de prise de décision et d'affectation des ressources presque parfait, un hélicoptère basé à terre peut prendre jusqu'à trois à cinq heures pour se rendre sur les lieux du naufrage (figure 10). Un hélicoptère se trouvant sur un hélipont ou se déplaçant dans la zone d'activités en mer pourrait, dans de nombreux cas, s'y rendre beaucoup plus rapidement. Dans des conditions favorables, il pourrait recueillir rapidement sa pleine charge de naufragés, bien que celle-ci soit relativement petite. Dans des conditions moins favorables, les opérations de recherche et d'embarquement pourraient prendre beaucoup plus de temps et en raison des limites de carburant, il pourrait être impossible d'embarquer une pleine charge. Le temps requis avant que l'hélicoptère revienne poursuivre l'opération de sauvetage est plus ou moins long selon qu'il existe ou non, à proximité du lieu de naufrage, des navires et des MODU munis d'un hélipont où il est possible de débarquer les survivants et de ravitailler l'hélicoptère. La capacité d'un hélicoptère est de 12 à 20 passagers, suivant le type. Cet appareil convient bien dans le cas d'incidents touchant des ravitailleurs. Dans le cas d'un incident touchant un hélicoptère, il se peut qu'un seul hélicoptère de sauvetage n'ait pas une capacité suffisante. Dans le cas d'un incident touchant une MODU, il est probable qu'un seul hélicoptère n'ait pas la capacité suffisante, à moins que l'évacuation ait été prévue et qu'on dispose de nombreuses heures pour effectuer l'opération et qu'il y ait, à proximité, une autre MODU ou un navire muni d'un hélipont pouvant recevoir les naufragés.

Navires

Les principales caractéristiques des navires et des plates-formes de sauvetage sont leur faible vitesse et leur capacité d'accueillir un grand nombre de survivants une fois qu'ils sont sur les lieux du naufrage. La vitesse effective de la plupart des navires circulant dans le secteur se trouve comprise entre 10 et 15 noeuds. Dans des conditions météorologiques raisonnables, le déplacement entre Saint-Jean et Hibernia peut prendre de 11 à 16 heures. Le temps de réaction additionnel peut varier entre 30 minutes et quelques heures. Les navires se trouvant dans un port ne sont par conséquent pas d'un très grand secours pour les opérations de sauvetage, à moins que le naufrage se soit produit pas trop loin du port ou que la situation ne s'aggrave pas rapidement.

Par contre, un navire en route aurait un temps de réaction très court et le temps de déplacement des navires circulant dans le zone de l'activité offshore serait également court. En cas d'incident sur une MODU, un navire de réserve adéquat placé à la distance requise, c'est-à-dire à moins d'un mille marin, pourrait en quelques minutes venir en aide aux personnes abandonnant l'unité de forage. Dans des conditions favorables, cette opération pourrait consister en un transfert à sec effectué au moyen d'une des grues de l'unité de forage. Dans des conditions moins favorables, le navire de réserve porterait assistance aux canots de sauvetage et récupérerait les personnes se trouvant à bord de radeaux de sauvetage ou dans l'eau. Le navire de réserve mettrait à l'eau une ou deux embarcations de sauvetage rapides afin d'accélérer la récupération des personnes se trouvant dans des radeaux ou dans l'eau ainsi que l'embarquement sur le navire. Ces embarcations de sauvetage peuvent être utilisées dans la plupart des conditions et elles sont très rapides (25 noeuds). Normalement, elles peuvent être mises à l'eau en moins de quelques minutes et peuvent atteindre très rapidement les canots de sauvetage et les personnes repérées. Lorsqu'il y a un grand nombre de personnes dans l'eau, l'opération de sauvetage peut cependant prendre beaucoup de temps, et les personnes ainsi que les radeaux de sauvetage peuvent dériver et se disperser sur une surface de plus en plus grande. À moins que la mer soit relativement calme et que les conditions d'éclairage et de visibilité soient bonnes, le temps requis pour repérer les survivants peut alors être beaucoup plus long et l'opération de sauvetage est par conséquent ralentie. Des tenues de survie faites d'un matériel fluorescent et munies de réflecteurs, de feux à éclats, ou encore mieux d'un répondeur radio, permettraient d'accélérer grandement l'opération. Malheureusement, on n'a pu trouver aucune donnée permettant de quantifier l'opération de sauvetage réalisée à l'aide de navires et d'embarcations de sauvetage rapides (ESR). Lorsque la mer est relativement calme et que les naufragés ne sont pas trop dispersés, une ESR et un navire permettraient probablement de récupérer les personnes se trouvant dans l'eau ou à bord de radeaux de sauvetage presque aussi rapidement qu'un hélicoptère. Par mer agitée, cependant, le navire et l'ESR auront probablement plus de difficultés à repérer les naufragés étant donné que leur matériel de recherche se trouve en position moins élevée par rapport à la surface de l'eau.

Dans le cas d'un incident impliquant un ravitailleur ou un hélicoptère à une distance relativement faible d'un ravitailleur ou d'un navire de réserve, ce dernier peut se mettre en route quelques minutes après avoir reçu l'ordre d'affectation. En une heure et demie, le navire peut parcourir environ 20 milles marins et son embarcation de sauvetage rapide peut en parcourir environ 35. Pour de telles distances, les navires peuvent se rendre sur les lieux du naufrage presque aussi rapidement que les hélicoptères se trouvant sur une MODU dans le secteur. En suppo-

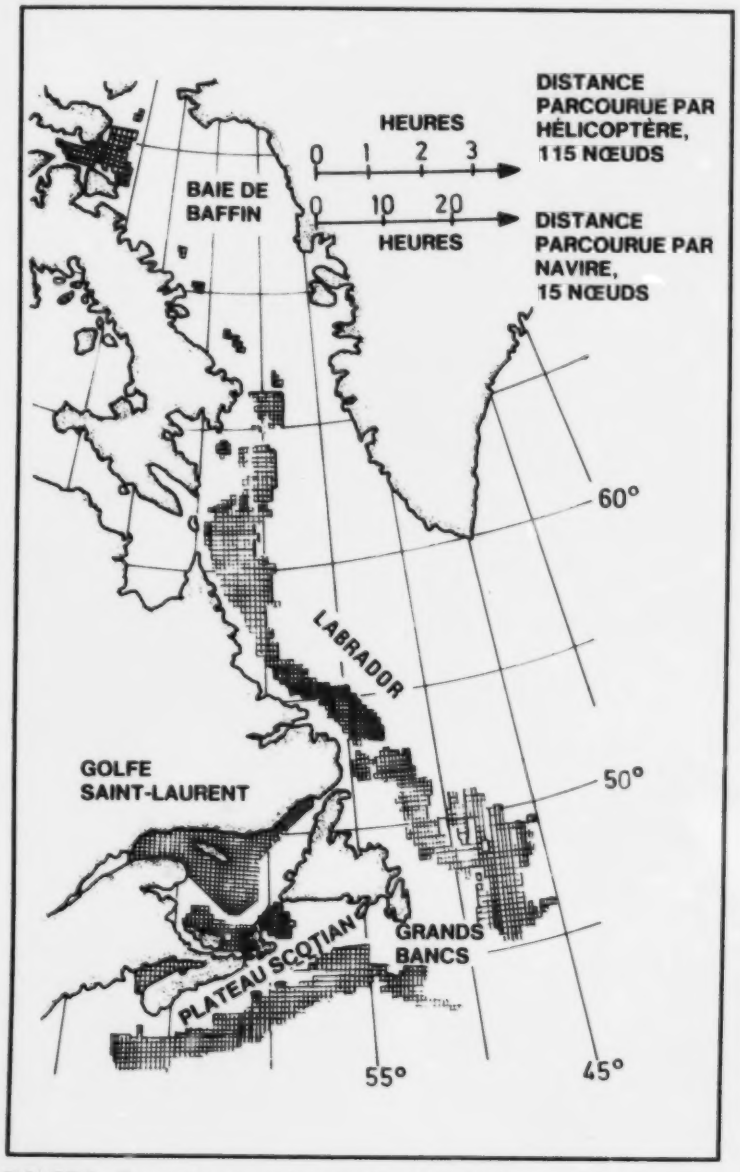


FIGURE 6 Zones de concession pour l'exploration de pétrole et de gaz.

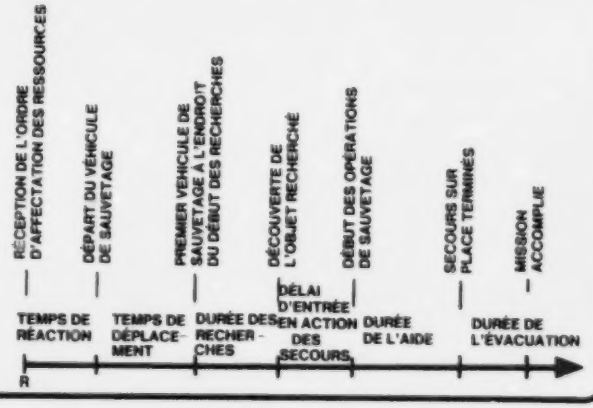


FIGURE 7 Tableau chronologique linéaire de l'opération de sauvetage

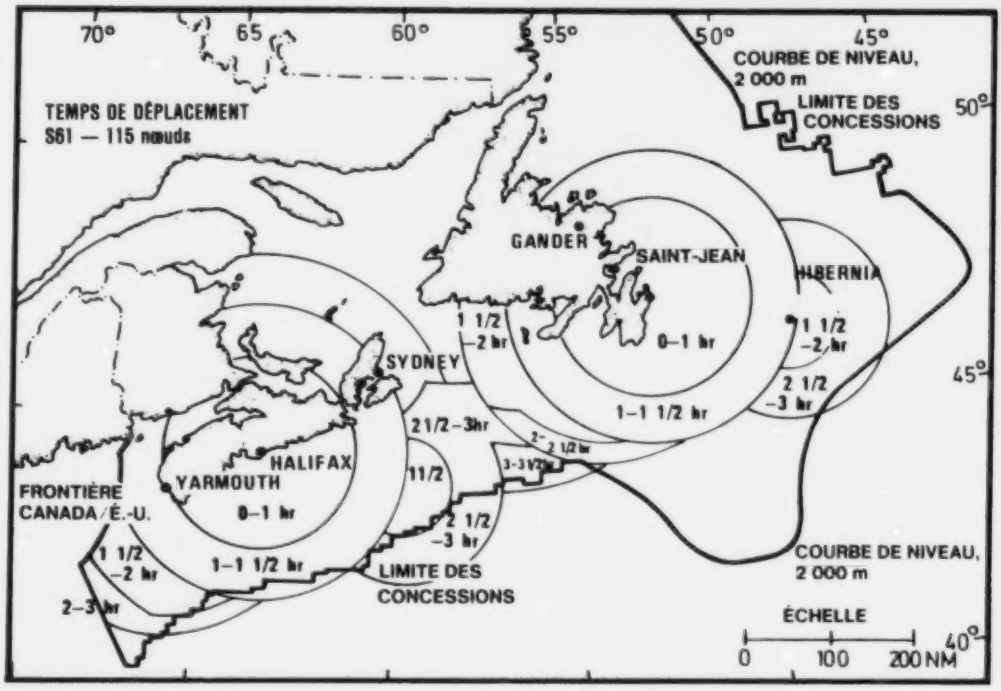


FIGURE 8 Temps de déplacement – S61 – 115 noeuds

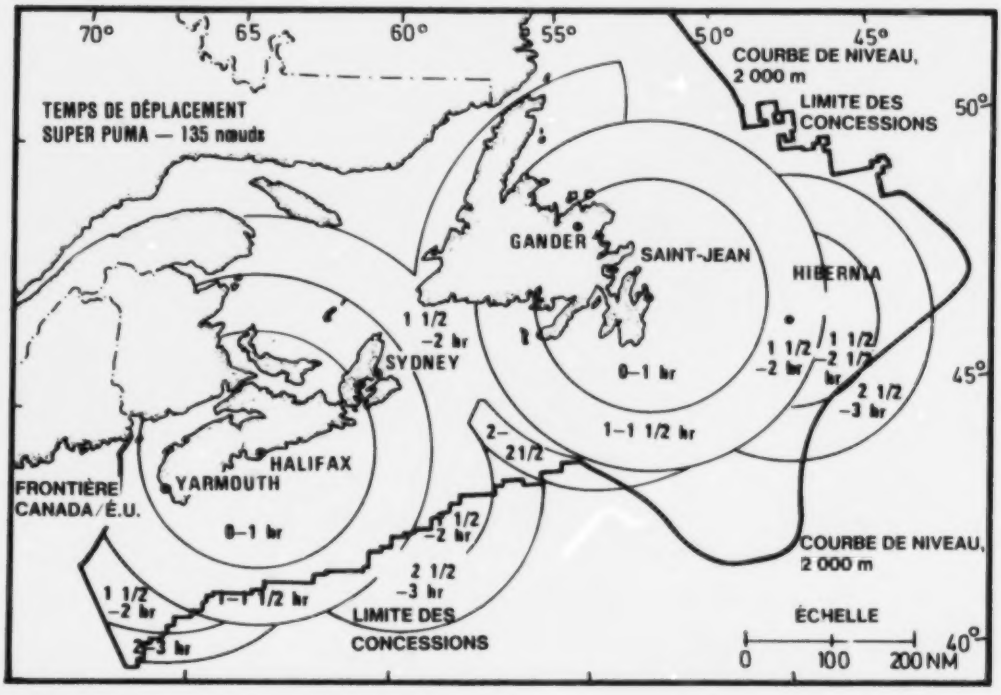


FIGURE 9 Temps de déplacement – SUPER PUMA – 135 noeuds

sant des délais moyens dans le système d'alerte et d'affectation des ressources, et l'utilisation de radiophares de détresse flottants, la recherche du lieu du naufrage ne devrait pas prendre beaucoup de temps. Cependant, la recherche des radeaux de sauvetage et des personnes se trouvant dans l'eau pourrait être difficile, comme on l'a déjà mentionné.

Les figures 11 et 12 résument les caractéristiques de sauvetage d'un navire de réserve ou d'un ravitailleur bien équipé. La figure 11 montre la zone à l'intérieur de laquelle un navire de réserve et son ESR situés à Hibernia peuvent, en moins d'une heure et demie, atteindre les lieux d'un naufrage. La figure montre également le rayon d'action correspondant d'un ravitailleur se déplaçant entre Saint-Jean et Hibernia. Dans le cas du naufrage d'une MODU, le navire de réserve et son ESR peuvent commencer rapidement les opérations d'assistance et de sauvetage, et dans des conditions assez bonnes, ils peuvent embarquer les survivants à peu près au même rythme qu'un hélicoptère en position de vol stationnaire peut les hisser à bord. Dans des conditions plus difficiles, lorsque les naufragés sont dispersés sur une surface de plus en plus grande, la recherche peut, comme dans le cas ou on utilise des hélicoptères, ralentir le sauvetage de façon appréciable.

Un navire a cependant une capacité beaucoup plus grande qu'un hélicoptère et devrait pouvoir embarquer l'équipage complet d'une MODU. Contrairement au sauvetage par hélicoptère, le sauvetage par navire n'est pas limité complètement lorsque la visibilité est mauvaise et que le plafond est bas. Évidemment, une très mauvaise visibilité et des conditions météorologiques très difficiles ralentissent le sauvetage.

Considérations relatives au système de sauvetage

Après avoir examiné rapidement les principaux éléments du système de sauvetage et leurs caractéristiques, nous allons traiter des principales considérations relatives au système de sauvetage.

Aucune mesure de prévention, de sécurité et d'évacuation ne permet d'être absolument certain que personne ne se retrouvera un jour sur un radeau de sauvetage ou dans l'eau par suite d'une situation de détresse. Dans les conditions rigoureuses qui existent au large de la côte est du Canada, le temps de survie en l'absence de matériel de protection additionnel est si court que tous les systèmes de sauvetage ne peuvent avoir qu'un degré d'efficacité très modeste. Bien qu'il y ait encore place pour des améliorations souhaitables des tenues de survie, la distribution de ces tenues à chaque personne participant à des activités en mer modifierait radicalement la situation et permettrait d'aboutir à un système de sauvetage assez efficace. À 450 $ (canadiens) la tenue, équiper tout le personnel d'une MODU coûterait moins de 50 000 $, ce qui représente un coût inférieur à la moitié des coûts journaliers d'exploitation d'une MODU de deuxième génération.

Compte tenu des distances entre les bases terrestres et les endroits ou sont effectuées les opérations de forage offshore et de la nature critique du temps dans un grand nombre de situations de détresse imaginables, il semble qu'un système de sauvetage fiable doive dans une grande mesure être basé sur l'utilisation de plates-formes de sauvetage situées à proximité.

Compte tenu du nombre de personnes touchées par un incident se produisant sur une MODU ou une plate-forme de production et du fait que les conditions météorologiques rendent impossible l'utilisation des hélicoptères pendant quelque 10 à 100 heures par mois, la présence, à proximité de chaque MODU ou plate-forme, d'un navire de réserve bien équipé avec un équipage adéquatement formé semble être un élément essentiel d'un système de sauvetage. L'efficacité du navire de réserve est très étroitement reliée aux facteurs suivants: manoeuvrabilité et stabilité du navire, moyens de communication et aides à la navigation adéquats, moyens de repérage des radeaux de sauvetage et des personnes se trouvant dans l'eau, franc-bord adéquat et zone de sauvetage bien conçue et bien équipée au milieu du navire, au moins une ESR et le meilleur matériel pour la mettre à l'eau et la récupérer, et une aire dégagée assez grande pour recevoir les personnes débarquant d'un hélicoptère ou transférées à l'aide d'une grue de l'unité de forage. Le coût d'exploitation journalier d'un tel navire dans la mer de Norvège est d'environ 20 000 $, alors que le coût d'exploitation journalier d'une MODU de deuxième génération est d'environ 100 000 $.

Un autre élément d'importance capitale semble être l'installation d'équipement sur les ravitailleurs et la formation de leur équipage en vue de leur permettre d'intervenir principalement dans les situations de détresse touchant un autre navire ou un hélicoptère. Si les hélicoptères et les ravitailleurs suivaient approximativement les mêmes voies, ces ravitailleurs bien équipés et ayant un personnel bien entraîné offriraient des possibilités de sauvetage appréciables dans des secteurs que les autres véhicules de sauvetage ne peuvent atteindre aussi rapidement. Idéalement, le ravitailleur devrait avoir le même matériel de sauvetage, y compris une ESR, que les navires de réserve, mais il ne peut évidemment pas avoir la même capacité d'hébergement. Le coût additionnel d'exploitation d'un ravitailleur ainsi équipé, avec son personnel entraîné, ne serait pas beaucoup plus élevé que le coût normal d'exploitation d'un ravitailleur bien équipé (25 000 à 35 000 $ par jour).

Sous de nombreux aspects, les hélicoptères ont des caractéristiques de sauvetage complémentaires à celles des navires. Ils conviennent bien pour récupérer les personnes sur les MODU et les navires, même dans des conditions très difficiles. Lorsqu'un sauveteur est descendu à l'aide d'un treuil, il est possible de hisser les personnes se trouvant sur des radeaux ou dans l'eau, dans des conditions très difficiles. Sur ces distances inférieures à leur autonomie, ils se déplacent plus rapidement et sont aussi plus efficaces pour la recherche des radeaux de sauvetage et des personnes se trouvant dans l'eau. Cependant, le nombre de personnes qu'ils peuvent transporter est quelque peu limité. Bien que leur utilisation soit dans une certaine mesure limitée par les conditions météorologiques, ils semblent être des éléments essentiels d'un système de sauvetage équilibré.

Cependant, il semble fortement souhaitable d'avoir dans le système de sauvetage des hélicoptères ayant un temps de réaction plus court que les hélicoptères de sauvetage basés à terre. Avec l'activité grandissante au large de la côte est du Canada, on pourrait probablement répondre de plus en plus à cette attente en procédant de la même façon que dans la mer de Norvège, c'est-à-dire en affectant au besoin des hélicoptères de transport à des missions de sauvetage. Les treuils des hélicoptères de transport sont conservés à la base terrestre et sur la MODU, et au moins un membre de chaque équipage de la MODU a reçu une formation de sauveteur et est prêt à se joindre à l'équipage de l'hélicoptère. De cette façon, les hélicoptères industriels peuvent être convertis rapidement et à un coût modeste en hélicoptère de sauvetage. Des ententes entre les exploitants du secteur, en matière de normalisation du matériel de sauvetage, de formation, de coordination et de soutien mutuel dans les situations d'urgence, permettraient d'ajouter au système de sauvetage une possibilité d'utilisation d'hélicoptères avec une souplesse raisonnable et à un coût pas trop élevé.

Bien qu'elle soit imposante et puissante, l'organisation SAR canadienne actuelle ne semble pas en mesure d'intervenir dans un grand nombre des situations d'urgence imaginables en mer. Les véhicules de sauvetage sont en nombre limité, et ils sont gardés dans des bases à partir desquelles ils peuvent également intervenir dans les nombreux incidents survenant ailleurs qu'en haute mer. Du point de vue de l'économie

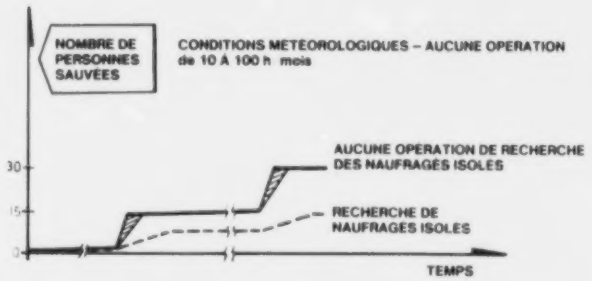


FIGURE 10 Caractéristiques de sauvetage des helicopteres

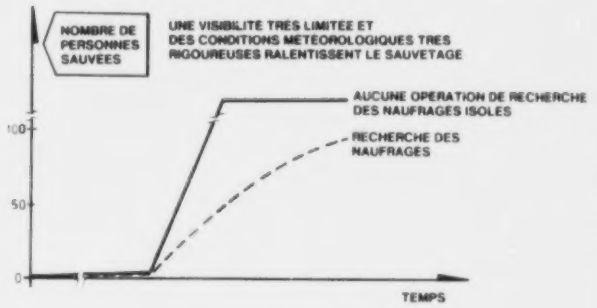


FIGURE 11 Caracteristiques de sauvetage des navires

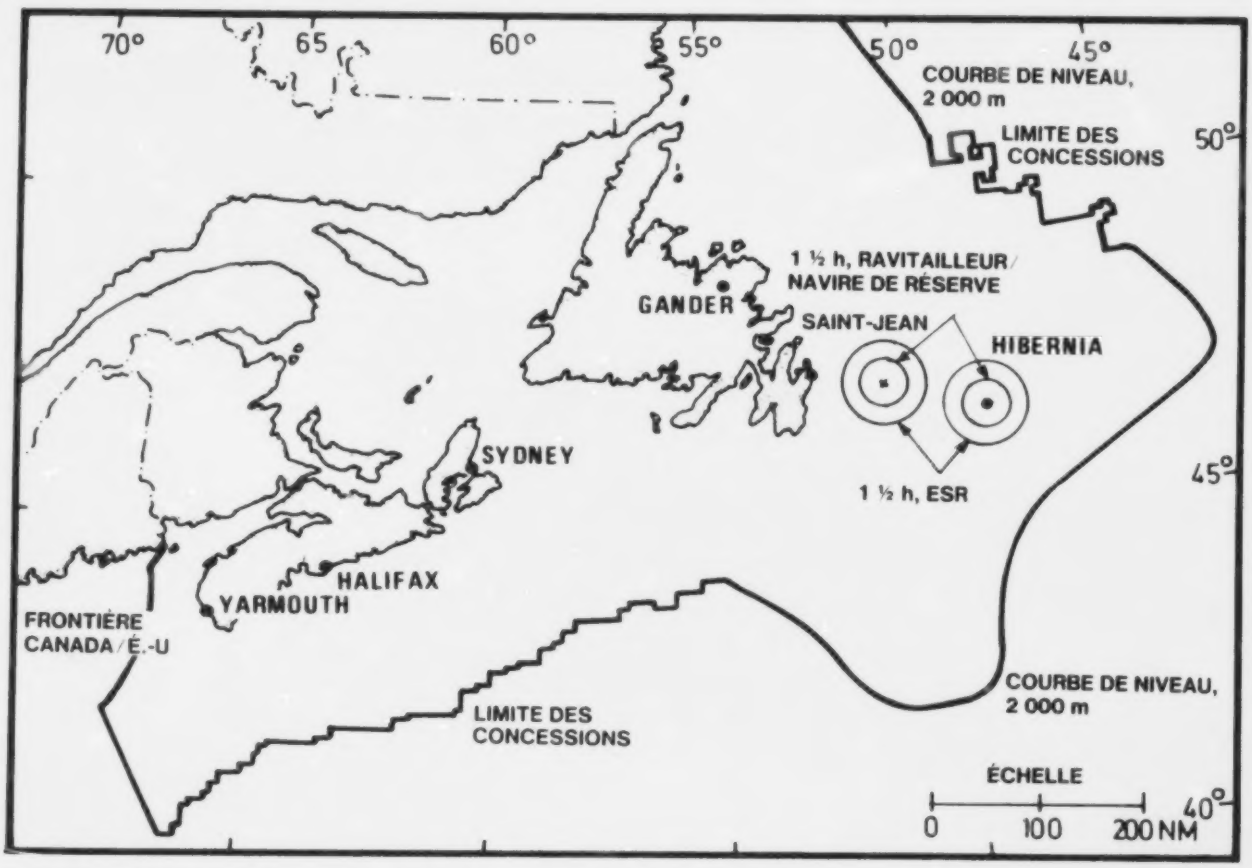


FIGURE 12 Temps de déplacement du navire de réserve/ravitailleur et de l'embarcation de sauvetage rapide (ESR)

nationale globale, l'utilisation maximale des hélicoptères, des navires, des moyens de communication et des systèmes de soutien déjà disponibles dans l'industrie offshore permettrait probablement une plus grande capacité de sauvetage à un coût moins élevé. Quant à déterminer qui des exploitants ou de l'État assumera les coûts additionnels résultant de cette exploitation des ressources offshore, cela est bien sûr une question de politique et l'objet de négociations ardues.

Bien que d'autres aient traité du système de commandement et de contrôle, une remarque au sujet des principes de contrôle peut être utile. Comme le temps risque de devenir un facteur critique dans de nombreuses situations d'urgence, il semble très souhaitable de déléguer à une MODU ou un navire à proximité du lieu de l'incident la responsabilité de la mise en marche et de l'exécution des opérations de sauvetage. Cette façon de procéder préviendrait les retards dans les communications, l'interprétation et la prise de décisions au niveau des autorités supérieures plus éloignées. Bien sûr, les autorités supérieures devraient être aussi bien renseignées que possible afin qu'elles soient prêtes à prendre la situation en charge au besoin. La Norvège, par exemple, a délégué la responsabilité principale des opérations de sauvetage aux sociétés d'exploitation en mer. Les opérations de sauvetage de ces dernières, du moins au départ, sont contrôlées à partir d'une MODU ou d'un navire de réserve. Lorsque l'incident prend trop d'importance, le centre de contrôle de sauvetage terrestre de la société prend la situation en charge. Normalement, l'organisation SAR nationale intervient seulement lorsque ses ressources ou d'autres ressources dont ne dispose pas la société sont requises.

On se rend évidemment compte que la mise sur pied d'un système de sauvetage efficace n'est pas seulement une question d'étude rationnelle des caractéristiques des différents éléments et de leur intégration dans le système au meilleur coût. Les objectifs et les intérêts des différents ministères touchés par les activités en mer, de l'organisation SAR nationale et des sociétés d'exploitation en mer ainsi que de leurs entrepreneurs ne sont pas forcément les mêmes, et des questions juridiques, économiques et de normalisation complexes sont à considérer. Cependant, une analyse et une évaluation en grande partie quantitative de la configuration souhaitable d'un système de sauvetage efficace seraient sans doute un bon point de départ pour la planification et les négociations qui conduiront éventuellement à la mise en place d'un véritable système de sauvetage.

CONCLUSION

En conclusion, rappelons que l'objectif du présent rapport était l'étude des principaux facteurs influant sur la conception d'un système efficace de sauvetage en mer et des relations entre ces facteurs.

La formulation d'objectifs acceptables et réalisables est une question litigieuse, mais l'établissement d'objectifs irréalistes risque de faire échouer toute tentative visant à réaliser le meilleur système de sauvetage basé sur les ressources disponibles. Le système de sauvetage n'est qu'un des différents sous-programmes du programme global de sécurité en mer. Son rendement et le succès du programme de sécurité global dépendent grandement de l'agencement et de l'équilibrage adéquats des sous-programmes.

Le temps est un facteur critique dans les opérations de sauvetage, particulièrement dans les conditions difficiles du large de la côte est du Canada. La distribution, à chaque travailleur, de bonnes tenues de survie placées dans un endroit facile d'accès semble être une condition préalable à la réalisation d'un système de sauvetage efficace.

Les navires et les hélicoptères ont des caractéristiques de sauvetage complémentaires, et les deux types d'appareil ont un rôle important à jouer dans un système de sauvetage équilibré. En raison du facteur distance dans les activités au large de la côte est du Canada, il faut avoir recours, dans toutes les situations d'urgence, sauf celles qui progressent lentement, à des ressources de sauvetage déployées localement. Du point de vue de l'économie globale, l'utilisation des navires et hélicoptères industriels semble très intéressante. La participation de l'industrie et la délégation de responsabilité à cette dernière, du moins pendant les phases initiales des opérations de sauvetage, faciliteraient le contrôle local et réduiraient les retards dans le système de contrôle.

La simulation et l'analyse quantitative pourraient constituer une bonne base pour l'élaboration d'un système de sauvetage d'un coût sensé applicable aux activités en mer. Étant donné la réputation des analystes canadiens, il ne fait aucun doute que le Canada possède les compétences et les ressouces nécessaires pour réaliser une telle analyse s'il le désire.

[N.D.L.R.: Pour son exposé, M. Klippenberg s'est largement inspiré de l'ébauche d'un rapport préparé par le vice-amiral Fulton et des collaborateurs à la demande de la Commission royale. La version définitive de ce rapport a fait l'objet de légères modifications.]

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT G

I. Denness
Forage en régions pionnières
Gulf Canada Ressources

Compte tenu du délai assez court dont je disposais pour apporter mes commentaires sur le document de M. Klippenberg, je vous signale que les avis que je donne sont personnels: ils s'appuient sur mon expérience et peuvent ne pas coïncider avec ceux des exploitants offshore de la côte est du Canada.

Étant donné qu'il vaut mieux prévenir que guérir, il y a probablement deux options principales qui s'offrent si l'on ne veut pas avoir à recourir à des opérations de sauvetage: la première est que pour avoir une sécurité aussi parfaite qu'il est humainement possible d'espérer, il nous faudra probablement dépenser des millions de dollars, comme c'est le cas pour les programmes spatiaux ou dans le secteur nucléaire. L'autre est que nous pouvons nous passer de l'élément humain sur les navires, comme on le fait de plus en plus pour la plongée sous-marine où des véhicules télécommandés jouent un rôle toujours plus important.

Ni l'une ni l'autre de ces deux possibilités n'est vraiment réalisable ni ne s'impose comme solution immédiate ou à court terme. Oublions le monde idéal et revenons à la réalité: la grande question est somme toute celle de la rentabilité du forage et de l'exploration pétrolière dans les eaux canadiennes. Nous devons nous arrêter aux aspects pratiques et à ce qui peut raisonnablement être fait pour que nos opérations de forage offshore puissent s'appuyer sur un système efficace de sauvetage.

Je suis d'accord avec M. Klippenberg au sujet des trois éléments que doit réunir un système de sauvetage:

- La prévention des situations d'urgence;
- L'alerte, la prise de décisions et l'affectation des ressources de sauvetage;
- L'abandon et la survie dans les environs immédiats.

En matière de prévention des situations d'urgence, je pense que chacun s'entend pour dire que des équipages mieux formés contribueront à diminuer le risque d'avoir à faire face à une situation d'urgence.

Pour ce qui est des alertes, de la prise de décisions et de l'affectation des ressources de sauvetage, l'industrie du forage offshore, les organismes de réglementation et les autorités SAR disposent maintenant de moyens pour communiquer de façon officielle aussi bien qu'officieuse, tant au niveau de la haute direction qu'à celui des opérateurs techniques; cette situation a débouché sur de bien meilleures relations de travail et de nombreuses améliorations. En voici des exemples:

1. Utilisation d'un système de régulation du trafic appelé FLIGHT FOLLOWING qui surveille et situe tous les navires et aéronefs qui prennent part aux opérations de forage en mer.
2. Tenue d'exercices communs de communications et de simulation de situations d'urgence.
3. Utilisation de fréquences radio SAR de façon à ce que, en cas d'urgence, autant les aéronefs que les navires puissent communiquer efficacement.
4. Rédaction par les exploitants de mesures coordonnées d'alerte et d'évacuation qui s'appliquent à leurs propres opérations; s'il survient une urgence qui exige l'abandon, il doit déjà y avoir un plan d'évacuation par étape.

Il vaut peut-être la peine de parler des ressources de sauvetage, de savoir qui elles sont et d'où elles viennent. M. Klippenberg cite les objectifs et les modalités du «Rapport Cross» de 1982 pour le programme SAR: «Prévenir les pertes de vie et les blessures grâce à des activités d'alerte, d'intervention et d'aide en matière de recherche et de sauvetage qui utilisent les ressources publiques et privées, et en assurant la priorité aux mesures de sécurité aériennes et maritimes axées sur les propriétaires et les exploitants qui sont le plus souvent victimes des incidents SAR». Il indique ensuite que les ressources SAR semblent insuffisantes pour répondre aux urgences en mer. Je suis d'accord avec lui malgré les dispositions actuelles de recours à l'aide privée. L'industrie canadienne du forage offshore s'en remet encore à la Défense nationale pour les questions SAR, même si l'on fait de plus en plus pression sur les exploitants pour qu'ils y voient davantage. Les exploitants au large des côtes acceptent leurs responsabilités pour ce qui est des urgences, par exemple, les évacuations pour raisons médicales et les fonctions de recherche et de sauvetage. C'est l'industrie qui préconise l'utilisation du panier EMPRA comme moyen simple et efficace de sortir les personnes de l'eau. L'industrie est d'avis que ce dispositif possède des avantages particuliers sur le collier de cheval, en ce qu'il n'oblige pas le technicien SAR à prendre des risques et qu'avec le grand panier, on peut secourir plus d'une personne à la fois. De plus, l'industrie n'a ni le temps ni les installations pour former des techniciens SAR. L'inconvénient est cependant qu'une installation de sauvetage de réserve, comme une autre MODU ou un autre navire de soutien,

doit se trouver tout près afin que l'on puisse s'occuper des survivants.

Quant aux améliorations à court terme à apporter aux ressources SAR, je suis d'accord avec les auteurs de l'étude sur le sauvetage effectuée pour la Commission qui recommandent que des hélicoptères SAR liés par contrat desservent l'industrie pétrolière. Pour ce qui est du financement, je pense que l'amélioration des hélicoptères et la formation des équipages devraient être du ressort du gouvernement, à condition que l'industrie verse des droits d'utilisation au besoin.

Pour ce qui est des améliorations à long terme, j'aimerais que l'on insiste davantage sur le type d'aéronefs utilisés pour les opérations SAR; non seulement ces appareils devraient être dotés des plus récentes innovations électroniques pour la navigation et la détection, en plus de posséder un rayon d'action et une limite de vitesse accrus, mais, comme l'a fait remarquer le Dr Chris Brooks, ils devraient être conçus de manière à être vraiment amphibies et à ne pas se retourner lorsqu'ils doivent faire un amerrissage forcé. Une autre caractéristique qui mérite notre attention est la capacité d'un hélicoptère à récupérer soit une embarcation de sauvetage soit un radeau de sauvetage directement en mer.

M. Klippenberg mentionne que la Norvège a délégué la responsabilité première des opérations de sauvetage à l'exploitant offshore. C'est une approche que je trouve très intéressante et je me demande si M. Klippenberg pourrait expliquer pourquoi l'organisation SAR se trouve reléguée à un rôle secondaire.

Pour ce qui est du troisième point abordé par M. Klippenberg, l'évacuation et la survie, il est généralement reconnu que les hélicoptères sont les principaux appareils d'évacuation; toutefois, ils ont des limites, ce qui réduit leur efficacité. Par conséquent, nous devons nous tourner vers une solution de rechange, le navire de soutien. Son grand avantage est qu'il se trouve sur place et qu'il est en mesure de prendre à son bord un grand nombre de survivants. M. Klippenberg préconise l'utilisation d'un navire de soutien particulier, ce avec quoi je suis encore une fois d'accord. Les navires de soutien particuliers qui sont construits à cette fin possèdent de nombreux avantages sur les navires de service ou les chalutiers transformés. Ainsi, grâce à leur forme, ils peuvent exécuter d'autres fonctions de sécurité et opérationnelles comme:

- La lutte contre les incendies;
- L'application de mesures antipollution;
- Le remorquage des icebergs;
- Le maniement des ancres.

S'ils disposent d'un navire de soutien particulier, les équipages seront je crois mieux formés et équipés, non seulement pour se servir du matériel actuel de sauvetage, mais aussi pour signaler les améliorations qu'il y aurait à apporter et les nouveaux dispositifs à ajouter au matériel de sauvetage.

L'idée de faire suivre approximativement les mêmes routes aux hélicoptères et aux navires de service est toute simple; pourtant, comme le signale M. Klippenberg, elle contribuerait à renforcer la capacité de sauvetage. M. Klippenberg n'a pas mentionné l'évacuation par embarcation de sauvetage; ce moyen doit également être considéré comme élément essentiel de tout système de sauvetage. On a mené plusieurs études sur la capacité de lancer une embarcation de sauvetage fermée sur une mer agitée. Il ressort des conclusions de ces rapports qu'il faudrait apporter des améliorations aux systèmes de mise à l'eau. Bien sûr, toute la question des embarcations de sauvetage, de la mise à l'eau jusqu'à la récupération, et aussi celle qui a été jusqu'à maintenant un sujet négligé, le bien-être des survivants, devraient faire l'objet de programmes de R-D et d'investissements. J'aimerais que ce ne soit pas seulement les fabricants d'embarcations de sauvetage et les organismes de réglementation qui discutent des caractéristiques techniques, mais aussi les utilisateurs et les groupes SAR, car ils ont certainement des idées qu'ils voudraient voir appliquer à une embarcation entièrement fermée. Par exemple:

- Où vont les civières?
- Une écoutille pratiquée sur le dessus pour permettre de hisser les personnes hors de l'embarcation pourrait aussi être une bonne idée.
- On devrait doter les embarcations d'un nombre suffisant de sacs vomitoires.

M. Klippenberg a indiqué qu'on doit apporter certaines améliorations aux vêtements de survie. Je suis d'accord avec lui et me réjouis de ce qu'un comité technique sous la direction de l'Office des normes du gouvernement canadien et réunissant des représentants du gouvernement (et le Dr Brooks), des fabricants et des utilisateurs, travaille actuellement à l'établissement de nouvelles normes pour les vêtements des passagers des hélicoptères et aussi à l'amélioration des normes actuelles pour les vêtements de survie.

COMMENTAIRES SUR LE DOCUMENT G

G.R. Lindsey
Chef, Quartier général de la Défense nationale
Centre d'analyse et de recherche opérationnelle

Plutôt que d'analyser les détails du document très utile et très intéressant de M. Klippenberg, qui portait principalement sur l'évacuation des travailleurs des plates-formes de forage et les services de soutien, dans les eaux froides, j'aimerais faire porter mon analyse sur des points connexes, tout en restant dans le sujet de la Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada. L'analyse de la recherche et du sauvetage dans les eaux canadiennes peut porter, et ce serait son objectif, sur l'optimisation de la sécurité dans les domaines suivants:

1. Les plates-formes de forage sur la côte de l'Atlantique;
2. Les navires de service comme les ravitailleurs et les hélicoptères qui appuient les activités de forage et qui sont probablement plus exposés aux accidents que les grosses plates-formes;
3. Toutes les activités maritimes commerciales sur la côte de l'Atlantique;
4. Toutes les activités maritimes, y compris les activités de loisirs et de commerce;
5. Toutes les activités dans l'est du Canada, sur terre comme sur mer, qui rendent nécessaire des opérations de recherche et de sauvetage.

Le but de la présente conférence est cependant la sécurité au large de la côte est du Canada et il est possible qu'il n'aille pas aussi loin que mon objectif n° 5. Je propose qu'on aille au-delà de l'objectif numéro 1, c'est-à-dire les plates-formes de forage seulement, et même si nous décidons de ne pas dépasser le numéro 2 – soit le forage plus ses activités de soutien – nous voudrons encore parler des ressources dont il est question aux numéros 3, 4 et 5, fournies par les services actuels de recherche et de sauvetage du gouvernement. Nous devons reconnaître que le système SAR du gouvernement a été établi avec objectif premier de répondre aux besoins rattachés au point numéro 5, c'est-à-dire de mener les opérations de recherche et de sauvetage, que ce soit sur le continent, près de la côte ou plus au large. Les points numéros 1 et 2 sont des éléments plutôt récents.

La tragédie de l'*Ocean Ranger* a été d'une telle ampleur que nous portons notre attention sur le point 1. Les gens ont tendance à accorder de l'importance surtout aux désastres de grande ampleur, même si le nombre de pertes de vie peut être inférieur dans ces cas à celui d'un ensemble d'événements mineurs, d'intérêt moindre pour la presse. Nous nous arrêtons tout particulièrement à un accident mettant en cause un gros avion commercial, mais nous n'accordons que peu d'attention au nombre beaucoup plus élevé de décès attribuables aux milliers d'accidents d'automobiles qui sont maintenant une realité quotidienne.

Si nous regardons cependant les tendances actuelles, il semble que les besoins en recherche et en sauvetage pour les accidents de transporteurs aériens transatlantiques sont, heureusement, très bas. Dans les débuts des traversées aériennes de l'Atlantique, on s'attendait à ce que de tels accidents soient fréquents; heureusement, il n'en fut rien. Il ne semble pas non plus que nous nous interessions beaucoup aujourd'hui au sauvetage des transporteurs aeriens transatlantiques. Cela est probablement dû plus au nombre réduit d'accidents qu'aux techniques spécialisées de navigation ou aux faibles risques d'incendies. Quoi qu'il en soit, le nombre d'installations de forage au large de la côte est du Canada est grand et il augmente encore. Le nombre de navires et d'hélicoptères dont la présence est rendue nécessaire par les activités de forage augmente lui aussi et nous espérons qu'il continuera à augmenter tant pour la production que pour l'exploration.

Je doute que la série d'événements qui ont été la cause du naufrage de l'*Ocean Ranger* puisse se répéter, mais on doit s'inquiéter de la possibilité que surviennent d'autres accidents majeurs. Le prochain sera peut-être causé par l'éruption d'un puits ou un incendie, ou se produira sur une MODU qui est en cours de déplacement plutôt qu'en mode de forage. Il peut survenir durant la production aussi bien que l'exploration. Il est beaucoup plus probable que nous aurons à faire face au cours des deux prochaines années à des accidents plutôt mineurs, peut-être reliés aux navires de soutien et aux hélicoptères, ainsi qu'aux grosses plates-formes. Ils méritent qu'on leur accorde au moins autant d'attention, bien qu'ils ne soient pas aussi spectaculaires.

Il a été clairement démontré dans le document de M. Klippenberg et par certaines des autres études présentées au cours de l'enquête sur l'*Ocean Ranger* que les opérations de recherche et sauvetage en rapport avec les activités de forage sur la côte est du Canada, se caractérisent entre autres par la nécessité de pouvoir exécuter ces opérations loin au large en raison même des lieux de concession, et de pouvoir intervenir rapidement, en raison du temps de survie très court en eau froide. Toutefois, presque

tous les incidents exigeant des opérations de recherche et de sauvetage, autres que ceux qui sont reliés aux activités de forage pétrolier, se produisent près des côtes ou sur le continent; pour plusieurs d'entre eux, c'est beaucoup plus un problème de recherche que de sauvetage. Dans bien des cas, ce n'est vraiment pas une question d'urgence en termes de vitesse d'exécution du sauvetage. Un aéronef à voilure fixe se déplace plus rapidement qu'un hélicoptère et facilite davantage la recherche, quoiqu'il ne soit pas indiqué pour le sauvetage. Les bases sont maintenant situées de façon à fournir le meilleur service au plus grand nombre de clients possible et la plupart de ces bases se trouvent dans les terres ou près de la côte. Les activités de forage exigent des ressources de recherche et de sauvetage qui sont sensiblement différentes de celles dont ont besoin tous les autres bénéficiaires de services. De plus, les ressources de l'industrie du forage se trouvent aux endroits voulus pour les opérations de recherche et de sauvetage qui peuvent se révéler nécessaires. On pourrait se demander si le système actuel devrait être modifié en faveur de l'industrie du forage ou si on devrait créer un système distinct, exclusif aux activités de forage. Les ressources terrestres SAR du gouvernement se trouvent les mieux placées pour les autres utilisateurs, mais elles ne le sont pas pour l'industrie du forage.

Certaines conclusions peuvent être proposées suite à l'analyse que nous avons entendue aujourd'hui. On peut faire beaucoup en prenant des dispositions comme des mesures préventives, entre autres, la formation en sécurité, la fourniture de matériel de survie en mer, les feux à éclats et d'autres techniques qui permettront certainement de réussir les opérations de sauvetage. Nous aurons manifestement à inclure des points comme le signalement de la position et l'échange régulier de renseignements de façon à ce que, lorsque survient un problème, chacun est parfaitement au courant de la situation. L'industrie a un gros problème d'attribution des tâches et du matériel sur ses navires de surveillance et ses hélicoptères, c'est-à-dire ceux qui se trouvent constamment au bon endroit ou tout près, pour les opérations de sauvetage. Cela peut naturellement exiger la présence d'hélicoptères munis de dispositifs qu'ils n'ont pas nécessairement à transporter pour leurs missions courantes, de même que de navires de surveillance transportant du matériel supplémentaire pour permettre le transfert rapide du personnel de la plate-forme au navire. La formation en sauvetage devra certainement être proposée à au moins un nombre suffisant de personnes choisies, mais peut-être pas nécessairement à tous.

Nous devons tirer pleinement parti de certains aspects des activités de forage et de soutien qui ne s'appliquent pas aux autres bénéficiaires des services de recherche et de sauvetage. Par exemple, les activités de soutien par hélicoptère ont lieu surtout durant le jour; on peut supposer que l'approche de glaces ou de tempêtes sera annoncée suffisamment à l'avance. Nous devrions réserver les ressources SAR terrestres du gouvernement aux missions qu'elles peuvent effectuer pour l'industrie du forage sans nuire à leurs nombreuses responsabilités, par exemple, l'évacuation par gros hélicoptères lorsque l'alerte est suffisamment importante, et l'utilisation d'un aéronef à voilure fixe pour la recherche lorsqu'on a des raisons de croire que le temps de survie est assez long.

Nous devons clairement encourager et appuyer l'industrie pétrolière à améliorer ses connaissances et son équipement afin de prévenir les accidents majeurs et à prendre les dispositions pour effectuer rapidement le sauvetage au moyen des seuls véhicules qui sont déjà sur place.

Résumé de la discussion générale

Le vice-amiral A.J. Fulton (FAC, à la retraite) a parlé du système de recherche et de sauvetage de la Défense nationale. Il a indiqué qu'il y a recoupement des efforts dans l'élaboration d'un plan d'urgence tant par l'industrie que par le commandement maritime, aucune consultation n'étant tenue entre les deux. Il a fait la critique de ce manque de communication et a indiqué qu'il nuisait à la sécurité en mer. Il a aussi critiqué le manque de connaissances du secteur maritime en ce qui concerne la façon de recourir au système SAR. Il a dit que souvent on pense aux ressources SAR lorsqu'il est déjà trop tard. Le vice-amiral Fulton a également indiqué que les ressources SAR existent pour venir en aide non seulement à l'industrie pétrolière offshore, mais aussi à bien d'autres groupes et que en fait l'industrie pétrolière n'en a pas réellement été un gros utilisateur. Quoiqu'il ait appuyé l'idée de demander à cette industrie de mettre en place son propre système pour répondre à ses propres besoins, il a dit qu'il croyait que c'est au gouvernement de préciser quelles normes devraient être retenues et de quelle façon elles pourraient le mieux être appliquées.

M. Per Klem (*Ship Research Institute* de Norvège) a demandé si l'idée d'un hélicoptère de surveillance avait déjà été étudiée. M. E. Klippenberg (*Norwegian Defence Research Institute*) a dit douter que des hélicoptères de surveillance puissent jamais remplacer les navires de surveillance, bien que les avantages de chacun n'aient pas été analysés à fond. Il croit que les limites imposées par les conditions météorologiques, principalement au large de la côte est du Canada, réduiraient considérablement leur efficacité. M. J.J.S. Daniel (Hollobone, Hibbert) s'est dit surpris que l'hélicoptère Chinook, avec son rayon d'action et sa capacité de transport supérieurs, n'ait pas été sérieusement envisagé comme véhicule de sauvetage ou d'évacuation; toutefois, M. G.R. Lindsey (Centre d'analyse et de recherche opérationnelle du MDN) a fait remarquer que cet appareil dépasse les besoins de la plupart des incidents qui exigent l'affectation de ressources SAR.

M. W. Parsons (Fédération du travail de Terre-Neuve et du Labrador) a demandé si des représentants des travailleurs faisaient partie du Comité sur la sécurité de l'industrie; M. Ian Denness (Gulf Canada Ressources) a expliqué que le Comité sur la sécurité est formé de personnes qui ont chacune une certaine expérience en sécurité. Il croyait que chaque société représentée au comité avait sa propre méthode pour s'assurer que les opinions des travailleurs sont transmises aux représentants de la sécurité au sein du comité.

M. Parsons a aussi demandé si le degré de représentation des travailleurs syndiqués était déjà établi en mer du Nord. M. J. Hielm (Elf Aquitaine Norge) a répondu qu'en Norvège les représentants des travailleurs prenaient part à toutes les questions relatives à la sécurité, y compris celles de la recherche et du sauvetage.

M. Daniel a appuyé l'idée des navires de surveillance spéciaux avec des équipages ayant reçu une formation spéciale en sauvetage. M. D. Pease (Husky/Bow Valley) a indiqué pour sa part que les navires de surveillance et de service actuellement utilisés sur la côte est du Canada sont ce qui se fait de mieux dans le domaine; ils ont en effet une grande manoeuvrabilité et beaucoup de puissance, et sont dotés de nombreux dispositifs de sauvetage. Il a affirmé qu'avec leur équipage spécialement formé, ils sont supérieurs aux navires de sauvetage construits spécialement à cet effet qui sont utilisés de nos jours. M. R. Fodchuk (Shell Canada) était d'accord et il a rappelé que la formation des équipages se poursuivait et qu'elle comprenait des exercices de sauvetage près d'une plate-forme.

5

LA RÉGLEMENTATION

LA RÉGLEMENTATION

INTRODUCTION

Cette séance a porté non seulement sur l'étude comparative de la réglementation en vigueur dans divers pays possédant des unités offshore, mais aussi sur les principes généraux dont découle la réglementation.

Le président de la séance, M. H.E. Hodgetts, est un éminent spécialiste des sciences politiques et un boursier de la fondation Cecil Rhodes. Il compte de nombreuses années d'enseignement à l'Université de Toronto et à l'Université Queen's et il a enseigné à titre de professeur invité aux universités Northwestern, Dalhousie et Memorial. Membre de la Société royale du Canada, M. Hodgetts détient des doctorats honorifiques des universités Mount Allison, Memorial et Queen's et il a été directeur du *Queen's Quarterly*. Il dirige actuellement la collection *Administration publique canadienne* de l'Institut d'administration publique du Canada. M. Hodgetts a été président de l'Association canadienne de science politique et il a fait partie d'un certain nombre de comités consultatifs nationaux et internationaux. Il est l'auteur de nombreux articles et ouvrages sur l'administration et le gouvernement canadien et il a agi à titre de directeur de la rédaction pour la Commission royale d'enquête Glassco sur l'organisation du gouvernement (1960 à 1962), et de commissaire pour la Commission royale d'enquête Lambert sur l'organisation financière et sur l'imputabilité au sein du gouvernement du Canada (1976).

La formule de cette séance d'étude diffère des autres en ce qu'aucun spécialiste n'a été invité à soumettre ses commentaires. Elle comprend plutôt quatre exposés présentés par des conférenciers, qui ont ensuite pris part à un débat sans participation de l'assistance: une discussion générale a suivi le débat.

I. Manum
Directeur technique
Norwegian Maritime Directorate

M. Manum est diplômé du *Norwegian Institute of Technology*; il y a obtenu en 1959 une maîtrise en architecture navale et génie maritime. Depuis 1969, il travaille pour le *Norwegian Maritime Directorate* où, pendant les douze dernières années, il a dirigé le service qui s'occupe des coques, des machines et des structures offshore. À ce titre, il a participé aux enquêtes sur tous les principaux incidents impliquant des plates-formes et des navires norvégiens. Il représente également la Norvège auprès du Comité de la sécurité maritime de l'O.M.I.

DOCUMENT H1

Un mécanisme de contrôle pour une véritable sécurité des opérations

INTRODUCTION

Lorsqu'on propose de modifier les codes internationaux de la sécurité en mer afin d'améliorer la sécurité, on fait souvent face à des demandes de statistiques supplémentaires pour justifier ces modifications. De simples propositions de discussions constructives soulèvent le même argument. En fait, pratiquement, cela revient à attendre qu'il y ait encore plus de victimes pour enfin être persuadé. Je pense que le Canada et la Norvège ont connu des accidents suffisamment graves pour être convaincus que des améliorations sont nécessaires. Outre les naufrages de l'*Alexander L. Kielland* et de l'*Ocean Ranger*, les gouvernements canadien et norvégien ont connu l'éruption sur la *Vinland* survenue plus tôt cette année. Cette plate-forme a été évacuée dans l'ordre et sans problème, mais l'éruption aurait facilement pu se transformer en accident grave si le gaz s'était enflammé. Par conséquent, toutes les personnes concernées apprécient hautement l'initiative de la Commission Royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* qui a permis la tenue de cette Conférence. La principale question est la suivante: «Quel est le régime de réglementation le plus efficace pour assurer la sécurité des travailleurs en mer, sur les installations de forage et de production ainsi que dans les unités qui en assurent le service et le ravitaillement?»

Avant d'essayer de répondre à cette question, j'aimerais donner mon opinion sur plusieurs points qui me paraissent importants. Quelles sont les principales compétences professionnelles associées aux activités offshore dans les différentes étapes des études théoriques, de conception, de construction et d'exploitation?

À mon avis, il s'agit avant tout de coordonner ces compétences, qui sont associées à la technologie classique du forage et de la production d'hydrocarbures sur terre d'une part et à la technologie maritime d'autre part (génie maritime, architecture navale et professions navales).

On dit souvent que l'industrie offshore tombe dans la catégorie des «technologies en rapide mutation» et qu'elle travaille dans les zones dites pionnières. J'accepte une telle assertion en ce qui concerne l'aspect géologique de la technologie, mais j'hésite à l'étendre à d'autres aspects de l'industrie. Considérons par exemple les engins de sauvetage, les systèmes de ballastage, l'équipement pour le pont de forage, les systèmes de boue, le matériel d'essai, etc. Je pense que les progrès technologiques dans le domaine de la navigation ont été tout aussi grands, sinon plus. De nouvelles méthodes de transport des marchandises ont été élaborées et, partant, les principales caractéristiques des navires ont énormément changé au cours de la dernière décennie. Pour rendre les navires plus rentables, on a accru l'automatisation et réduit l'équipage.

Prenons par exemple l'unité semi-submersible qui est la structure de soutien de nombreuses plates-formes de forage et unités d'habitation. Ce principe a été introduit dans le domaine maritime il y a environ 20 ans, lorsqu'on a commencé à forer et produire dans des eaux plus profondes et dans des environnements plus difficiles, mais, depuis, les principes fondamentaux de conception sont plus ou moins restés les mêmes. Personnellement, je ne pense pas que ces principes connaîtront une évolution rapide dans les années à venir. Enfin, les unités offshore mobiles sont soumises aux forces et conditions environnementales qui ont été le lot des marins depuis des siècles et la base du génie maritime et de l'architecture navale.

Le principal thème de la conférence, que j'ai déjà mentionné, semble concerner avant tout la sécurité au large de la côte est du Canada. Il faut cependant se souvenir que les unités offshore mobiles battent pavillon et qu'elles sont transférées d'un plateau continental à l'autre. Dès lors, un accord international sur les normes s'impose.

SYSTÈME DE RÉGLEMENTATION

Autorités responsables.

Je crois que, pour garantir la sécurité en mer, les responsabilités de la sécurité des employés et de l'aide au développement de l'industrie elle-même doivent revenir à deux ministères distincts. Cependant, ce n'est pas là un point très important, au moins en Norvège, car la responsabilité globale revient au gouvernement norvégien de toutes façons. Le nombre d'autorités responsables dépendra de la compétence dont dispose chaque administration nationale. À cet égard, il faut envisager les deux différentes technologies, à savoir la technologie pétrolière et la technologie maritime. Lorsque la Norvège s'est lancée dans l'exploitation offshore, l'administration norvégienne n'avait aucune expérience de la technologie du forage et de la production sur terre. Vu les résultats prometteurs dans la mer du Nord, il était clair que l'exploitation offshore deviendrait une activité importante de l'industrie norvégienne et, par conséquent,

un nouvel organisme distinct a ete cree, le *Norwegian Petroleum Directorate* (NPD).

Cependant, en ce qui concerne les questions maritimes, nous disposions deja d'une administration etablie et d'un systeme de reglementation qui pouvait aussi intervenir dans l'industrie offshore. Le *Norwegian Maritime Directorate* (NMD) a etabli des reglements pour les unites offshore mobiles bases sur les reglements appliques au transport maritime classique. Ce faisant, nous avons tenu compte des caracteristiques speciales des unites offshore mobiles, surtout en ce qui concerne les plates-formes semi-submersibles.

Dans ce travail, le NMD a coopere avec d'autres organismes gouvernementaux dans les domaines ou son experience etait limitee. Enfin, une partie du travail de reglementation et des inspections a ete deleguee a des societes de classification reconnues, pour des raisons pratiques.

Si on vise un contrôle de l'ensemble du systeme et une responsabilite globale, en tenant compte du manque de ressources dans les administrations, il est à craindre que la competence professionnelle dans chaque domaine technologique soit tellement reduite que l'autorite responsable se transforme en un «tigre de papier». L'autorite devrait donc choisir quelques domaines professionnels, en fonction de leur importance en matiere de securite, et non parce qu'ils ne sont pas reglementes ou parce qu'ils sont nouveaux. Dans ces domaines (par exemple, la stabilite apres avarie, les engins de sauvetage et les systemes de positionnement dynamique), l'administration devrait proceder à une evaluation detaillee des solutions proposees par l'industrie.

Les reglements devraient de preference etablir les objectifs generaux, sans specifier les moyens d'atteindre ces objectifs. Il est preferable que ces moyens fassent l'objet de directives facilement revisables en fonction des conditions de securite et du developpement industriel. Cependant, l'autorite responsable doit s'assurer qu'un niveau minimal de securite existe. Afin d'evaluer les risques associes à diverses combinaisons de methodes de construction et d'exploitation qui pourraient resulter de ce systeme souple, des analyses de risque fiables sont necessaires. A mon avis, ni l'industrie ni l'autorite responsable ne disposent actuellement des donnees necessaires pour une analyse de risque quantitative globale. Par consequent, je pense que des regles relatives à des normes minimales dans certains domaines d'importance capitale en ce qui concerne la securite des employes sont toujours obligatoires. Cependant, on devrait simultanément multiplier les analyses de risque afin d'acquerir de l'experience dans le domaine.

Pour toutes les parties concernees, ce pourrait être un avantage que les «regles du jeu» soient connues. Il est alors plus facile de s'assurer que les normes sont satisfaites. En outre, il est bon que l'administration enonce ses exigences de telle sorte que chacun puisse calculer les consequences d'une activite offshore avant de l'entreprendre. On objecte cependant que cette mesure restreindrait le developpement de l'industrie offshore et qu'il restera peu ou pas du tout de place pour de nouvelles solutions. A mon avis, des «regles du jeu» obligatoires devraient specifier les normes minimales et, pour garantir une certaine souplesse, les reglements devraient contenir des paragraphes indiquant que toute solution garantissant un niveau de securite equivalent serait acceptee.

L'elaboration de reglements.

L'objectif du systeme de reglementation est de limiter les pertes de vie reliees aux activites offshore. A mon avis, l'elaboration de reglements doit être basee sur deux pricipes fondamentaux:

1. Identification des facteurs d'accident et elimination ou maitrise de ces facteurs.
2. Lorsque des facteurs d'accident existent, introduction de moyens de limiter les consequences en fixant des normes de conception technique ou d'exploitation.

Responsabilite et contrôle de nature globale.

En accord avec la politique du *Department of Shipping and Commerce* qui a ete adoptee par le parlement (Stortinget), le NMD devra changer graduellement le systeme de contrôle. Cette politique a pour objet de:

1. garantir la coordination du contrôle de la securite dans toutes les phases,
2. permettre un contrôle global,
3. reduire le rôle de l'adminstration dans le contrôle de certains details,
4. reserver les ressources de l'administration pour un contrôle plus global et total,
5. tirer tout l'avantage possible des ressources de toutes les parties concernees,
6. permettre une continuite dans les travaux relatifs à la securite,
7. donner à l'administration un outil permettant une evaluation continue des reglements de securite,
8. ameliorer les normes de securite.

Dans un premier temps, l'administration a l'intention de transferer le contrôle detaille de certains domaines aux proprietaires, qui l'integreront dans leur contrôle interne. L'administration sera chargee de la surveillance globale du systeme de contrôle et de son application ainsi que des corrections qui pourraient être necessaires.

Cooperation internationale.

Les unites offshore mobiles, qui comprennent les installations de forage, les bargesgrues, les navires de soutien de plongee, les unites d'habitation, etc. ainsi que les ravitailleurs, sont toutes deplacees de temps en temps d'un plateau continental à un autre. Certains types d'installations sont deplaces plus frequemment que d'autres. Pour le bien de l'industrie elle-même, les deplacements des unites offshore mobiles d'un plateau continental à un autre devraient être acceptes facilement. Cependant, afin de garantir la securite des hommes, il est important de se mettre d'accord sur des principes uniformes et des normes minimales. Le but ultime pourrait être une convention contenant des exigences relatives à des normes minimales pour l'exploitation à l'echelle mondiale, avec des exigences supplementaires pour des zones speciales caracterisees par un environnement dur ou des conditions particulieres. L'organisme international charge de ce genre de travail est l'Organisation maritime internationale (OMI). Dans le domaine offshore, on a enregistre des progres interessants en ce qui concerne les ravitailleurs et les systemes de plongee, mais le code relatif aux unites de forage offshore mobiles est encore inadequat. A mon avis, on n'a pas assez tenu compte des caracteristiques speciales de la conception et de l'exploitation des unites offshore mobiles.

Je souhaite que cette conference conduise à une contribution future plus constructive de la part de tous les membres de l'OMI ayant de l'experience dans l'exploitation offshore et à de plus grands progres.

G.L. Hargreaves
Ancien conseiller
U.K. Department of Energy

Apres une carriere de 28 ans dans la Marine royale comme officier de l'arsenal, M. Hargreaves a occupe divers postes dans la fonction publique britannique. Une fois a la retraite, il a travaillé pendant sept ans comme conseiller auprès de la Division du génie petrolier du *Department of Energy*. Il a alors participé à la mise sur pied du *Offshore Installations Technical Advisory Committee* qui a rédige les directives techniques et législatives pour la conception et la construction des structures offshore.

DOCUMENT H2

Un mécanisme de contrôle pour une véritable sécurité des opérations

INTRODUCTION

Le present exposé décrit l'élaboration de mesures visant a garantir la résistance, la stabilité et la navigabilité des installations offshore dans les zones maritimes britanniques. Par installations offshore, on désigne les structures, fixes et mobiles, qui constituent une plate-forme destinée à recevoir l'équipement nécessaire à l'exploration et à l'exploitation des produits pétroliers sous-marins, ainsi qu'à la manutention et au stockage de ces produits, de même que les aménagements destinés à l'équipage: la majeure partie de l'équipement pétrolier et son exploitation font l'objet d'une législation distincte. Cependant, les principes et pratiques décrits ci-dessous s'appliquent aussi, à des degrés appropriés, à d'autres législations techniques.

LEGISLATION

Les lois du Parlement

Comme c'est le cas dans toute législation industrielle, la sécurité en mer doit s'appuyer sur une loi du Parlement, dans notre cas la *Mineral Workings (Offshore Installations) Act* de 1971 (à laquelle se sont ajoutées ensuite la *Pipelines and Submarine Pipelines Act* de 1975 et la *Oil and Gas Enterprise Act* de 1982). Voici ce que dit le préambule de la loi de 1971:

> «Loi visant la sécurité, la santé et le bien-être des personnes travaillant sur des installations destinées à l'exploitation et à l'exploration sous-marine de ressources minérales dans les eaux du Royaume-Uni, ou dans les eaux voisines; loi visant généralement la sécurité de telles installations et la prévention d'accidents sur ces installations ou à proximité.»

Au moment ou cette loi a été rédigée, on pouvait seulement spéculer sur la taille et la complexité futures de l'industrie offshore: nombre de problèmes techniques étaient encore inconnus, encore moins quantifiés, et même des dangers connus pouvaient entraîner des problèmes imprévus. Dans ces circonstances, on a rédigé une «loi d'autorisation» qui autorisait le Secrétaire d'État à l'Énergie à préparer des règlements lorsque la situation deviendrait plus claire, les besoins évidents et les données techniques nécessaires disponibles. Les règlements peuvent seulement répondre à des objectifs clairement définis dans la clause d'autorisation et soumis à toute condition particulière précisée dans la loi. Le Parlement et les tribunaux surveillent jalousement de telles délégations de pouvoir et un ministre qui outrepasse son pouvoir peut se retrouver dans une situation fort embarassante!

Cependant, le Secrétaire d'État a été spécifiquement autorisé à préparer des règlements aux termes desquels chaque installation doit obtenir un certificat de conformité, accordé seulement après les inspections et les essais prescrits. Il a aussi reçu le pouvoir de nommer des autorités chargées de l'application des règlements et de la délivrance des certificats. Il incombait au propriétaire de l'installation, au directeur et au propriétaire de la concession d'obéir aux règlements établis dans le cadre de cette loi, sous peine de sanctions prévues.

Les règlements

Contrairement aux lois du Parlement, qui ne peuvent être modifiés que par une autre loi, avec tous les délais de procédure que cela suppose, les règlements peuvent être modifiés et amendés au besoin avec moins de difficulté, ce qui présente un avantage lorsque ces règlements s'appliquent à un domaine en plein évolution.

Une clause de la loi de 1971 stipule que le ministre doit consulter l'industrie avant d'établir des règlements, mais elle ne l'oblige pas à suivre l'avis qui lui a été donné. En fait, il y a eu consultation avec les comités techniques appropriés de l'*United Kingdom Offshore Operators Association* (UKOOA). Des échanges ont eu lieu entre ingénieurs et entre spécialistes et tous ont très vite réalisé que, sur tous les sujets, ils partageaient les mêmes intérêts. Le principe tacite «convaincre ou se laisser convaincre» a donc été adopté et une confiance mutuelle s'est rapidement établie à tous les niveaux professionnels, à l'avantage de chacun.

Établis en février, les *Construction and Survey (Offshore Installations) Regulations* sont entrés en application le 1er mai 1974. Ces règlements constituent la base juridique en vigueur en matière de sécurité des installations offshore: ils fixent des objectifs mais ne précisent pas les moyens de les atteindre. La clause 3 stipule que, à partir du 31 août 1975, aucune installation ne peut pénétrer ou séjourner dans les eaux britanniques, à moins qu'elle n'ait obtenu un certificat de conformité délivré par un organisme de certification approuvé. (Les organismes de certification font l'objet de la section sur la mise en application). Des clauses subséquentes précisent les dessins, les calculs et les autres données qui doivent être soumis

avec toute demande de certificat de conformité, ainsi que les moyens d'accès et autres qui doivent être mis à la disposition des représentants de l'organisme de certification.

Les règlements imposent à l'organisme de certification de faire une évaluation détaillée et indépendante de tout le processus de conception et de construction avant de décider s'il y a lieu ou non de délivrer un certificat de conformité. Les certificats sont normalement délivrés pour une période de 5 ans, sous réserve d'inspections annuelles satisfaisantes, mais ils peuvent l'être pour une période plus courte et à d'autres conditions que l'organisme de certification peut juger nécessaires après son évaluation. Des clauses distinctes définissent les procédures à suivre dans le cas de modifications, d'avaries et de détériorations. Les règlements imposent des inspections majeures et quinquennales afin d'assurer qu'une installation reste exploitable, mais une inspection continue est aussi acceptable. Ces inspections doivent être effectuées avec l'approbation et sous la supervision de l'organisme de certification. La méthode de calcul des frais maximaux facturables est expliquée dans une annexe des règlements.

L'annexe 2 des règlements est entièrement consacrée à l'évaluation technique dont doivent tenir compte les concepteurs et les organismes de certification. La première partie contient des définitions et les parties II à VIII portent sur les points suivants: l'environnement, les fondations, la structure principale, les structures secondaires, les matériaux, la construction et l'équipement (c'est-à-dire l'équipement mécanique et électrique associé à l'installation même et *non* l'équipement pétrolier).

La partie II énumère les forces environnementales dont il faut tenir compte et stipule que les conditions minimales ne doivent pas être moins rigoureuses que celles qui sont susceptibles de se produire, en moyenne, pas plus d'une fois sur une période quelconque de 50 ans. Les parties III à VIII énoncent les critères de performance, spécifiant les normes minimales relatives à la conception, aux matériaux et à la construction qui doivent être respectées. Des clauses appropriées traitent de l'étude du site, de la stabilité en mer, du cloisonnement et de l'étanchéité. La partie VII porte sur la construction et décrit les inspections, le contrôle des matériaux, le contrôle de la qualité et les techniques de fabrication qui doivent tous satisfaire les exigences de l'organisme de certification.

Comme les lois du Parlement, les règlements doivent être rédigés dans un langage juridique, par un rédacteur juridique, car ils doivent idéalement être compris et interprétés exactement de la même façon par tous les avocats et les juges. Les ingénieurs et les rédacteurs juridiques, qui sont chacun un profane dans le domaine de l'autre, ont invariablement tendance à trop simplifier la tâche de l'autre. Chacun croit comprendre exactement ce que l'autre dit et ils ont généralement tort tous les deux! Il est bon à ce stade de prendre le temps de se mettre d'accord.

Les directives

Les documents non réglementaires qui ne s'appuient pas sur une loi ne devraient pas être inclus dans la rubrique «législation», mais ils l'ont été car ils sont associés de très près aux règlements. En même temps que les *Construction and Survey Regulations*, le ministère de l'Énergie a publié le «livre vert» intitulé «*Guidance on the Design and Construction of Offshore Installations 1974*». Il s'agit d'un cahier de 80 pages imprimé sur feuilles détachées. Le livre vert a été préparé en hâte pour répondre à un besoin, plus précisément pour fournir une norme utilisable par les concepteurs et les organismes de certification et répondant aux nouveaux règlements. Il est subdivisé en sections, les sections 2 à 8 correspondant aux parties II à VIII de l'annexe 2 des règlements. Le livre vert se présente comme un guide de conception: il contient de l'information, des références à des codes et à d'autres documents publiés, il recommande des mesures de sécurité et il fournit d'autres renseignements relatifs à la conception et à la construction. Se fiant à ses experts-conseils (voir la section sur l'OFINTAC ci-après), le ministère de l'Énergie a cru que les recommandations du livre vert répondraient aux exigences des règlements si elles étaient appliquées avec discernement par des ingénieurs expérimentés.

Comme on l'a mentionné, le livre vert a été préparé à la hâte, en un temps limité. On a adopté le format en feuilles détachées pour faciliter l'ajout des amendements qui ne manqueraient pas d'être rapidement nécessaires. En fait, les résultats d'expériences et de travaux de recherche ont été si abondants au cours des quelques années qui ont suivi que le ministère n'a pas amendé le livre vert, préférant en publier une seconde édition, le «livre bleu», en 1977. Ce dernier, de 116 pages, offrait une mise à jour de toutes les sections, et 50 p. 100 plus de matière que l'ancien, avec des sections plus détaillées sur la fatigue, les hélisurfaces et la résistance au feu ainsi que de nouvelles sections sur le bruit et les vibrations.

Répétant l'expérience positive mentionnée précédemment, on a étudié le contenu du livre bleu avec l'UKOOA, ce qui a permis notamment à l'industrie de se conformer aux recommandations révisées avant même qu'elles ne soient publiées. La seconde édition a été bien reçue par la presse technique qui l'a trouvée mieux organisée et plus utile que l'édition précédente.

Les organismes de certification et les concepteurs ne sont pas obligés de se conformer aux directives non réglementaires mais, comme l'a noté un rédacteur, «. . . si un propriétaire se conforme aux directives, cela prouve qu'il agit raisonnablement». En fait, aucun problème important ne s'est posé. Grâce au système des feuilles détachées permettant l'ajout d'amendements, le livre bleu est encore en usage à l'heure actuelle. (Une troisième édition comprenant les sept amendements apportés jusqu'à maintenant ainsi qu'une nouvelle section sur la fatigue a été publiée à la fin de juillet 1984). Les propriétaires, les concepteurs et les organismes de certification peuvent à leur gré abandonner les directives lorsque des données plus récentes ou meilleures deviennent disponibles, ce qui permet une souplesse maximale dans l'application de nouvelles techniques.

L'ASPECT TECHNIQUE

Offshore Installations Technical Advisory Committee

Dès les premières années des activités offshore, le ministère de l'Énergie s'est rendu compte de la nécessité d'élargir ses compétences techniques. Bien entendu, il était impossible de trouver les compétences nécessaires dans les autres ministères. Pour répondre à ce besoin, un groupe spécial a donc été créé, le *Offshore Installations Technical Advisory Committee*, rapidement connu sous le nom de OFINTAC. Ce groupe, petit mais puissant, rassemble des représentants des organismes suivants:

- Meterological Office
- Institute of Oceanographic Sciences
- National Maritime Institute
- Hydraulics Research Station
- Building Research Station (mécanique des sols; fondations)
- Naval Construction Research Establishment
- Marine Division, Board of Trade (compétence maritime, sécurité en mer)
- Department of the Environment (génie civil; acier; béton)
- National Engineering Laboratory (fatigue des métaux)
- Department of Energy

Tous les représentants étaient des experts reconnus, certains de réputation internationale, et chacun pouvait en outre faire appel aux ressources de l'organisme auquel il appartenait. L'auteur du présent texte, qui avait une formation en génie civil maritime, a

été nommé chef du groupe, avec pour principale tâche d'assurer «la résistance, la stabilité et la navigabilité des structures offshore». Les services de secrétariat étaient fournis par le ministère.

OFINTAC s'est réuni régulièrement une fois par semaine, les réunions durant généralement toute la journée. Certaines des réunions ont eu lieu au siège de l'un des organismes participants, ce qui permettait aux membres de cet organisme de faire une démonstration des importantes ressources disponibles. En outre, certains membres ont visité des installations offshore en exploitation et des chantiers au Royaume-Uni et dans d'autres pays. Cette étroite association permanente entre site et laboratoire, ingénieur et chercheur, capitaine et spécialiste, a permis à chaque membre de connaître les problèmes et les ressources de ses collègues. Elle a aussi permis l'apparition rapide d'un esprit de groupe, tous les membres participant à toutes les discussions, et pas simplement les spécialistes les plus concernés. Cette attitude a été des plus bénéfiques. OFINTAC a adopté le principe rationnel que, dans une situation évolutive, les problèmes d'aujourd'hui doivent être résolus avec les connaissances d'aujourd'hui et que les ressources doivent être extrapolées seulement dans la mesure où un jugement professionnel le permet, principe que les ingénieurs et marins connaissent depuis longtemps: en donnant leur accord, les chercheurs ont fortement recommandé que les recherches se poursuivent là où c'était nécessaire, ce qui s'est traduit, entre autres, par la mise en place de trois navires météorologiques supplémentaires dans les mers environnantes et par la collecte de données de fatigue de grande valeur lors d'essais à l'échelle réelle sur de gros joints tubulaires. OFINTAC a principalement été responsable des aspects techniques des *Construction and Survey Regulations* et des livres vert et bleu. Le groupe a aussi effectué des travaux spécifiques qui lui étaient demandés de temps en temps et il a recommandé des propositions de recherche visant à combler des lacunes dans les connaissances ou à vérifier des hypothèses.

Une fois le livre bleu lancé, OFINTAC a considéré que sa tâche principale était accomplie et a demandé à être dégagé de ses responsabilités. Le Secrétaire d'État a donné son consentement et le groupe a été dissous en 1978. Ce fut un privilège d'avoir été associé à un organisme aussi compétent et actif.

La recherche

Pendant les premières années, la recherche offshore a été menée sous la direction du *Ship and Marine Technology Research Board*. Une fois approuvé, un projet faisait l'objet d'un contrat accordé à un organisme approprié ou à une firme privée: un agent de projet était nommé, chaque agent de projet étant généralement en charge de quatre ou cinq contrats, avec comme tâche de se tenir au courant des dépenses et de l'état d'avancement du projet et de soumettre des rapports périodiques à la Commission. Plus tard, le ministère de l'Énergie s'est chargé de ses propres recherches, mais aucun changement n'a été apporté au système de contrats et au rôle de l'agent de projet. En temps voulu, le chef technique de l'organisme de recherche a été coopté dans OFINTAC, ce qui a permis au groupe de se maintenir au courant de l'état d'avancement des contrats de recherche pertinents. OFINTAC s'est intéressé à plusieurs projets importants: les navires météorologiques supplémentaires dans les mers entourant le Royaume-Uni; le projet NORSWAM portant sur un modèle mathématique du vent et des vagues basé sur la prévision *a posteriori* et utilisé pour prévoir les conditions extrêmes et autres dans la mer du Nord; et le *British Offshore Steel Research Project*, qui comprenait des essais de fatigue à l'échelle réelle sur de gros joints tubulaires et qui a fourni de nouvelles données sur les effets d'échelle.

MISE EN APPLICATION

Organismes de certification

La loi de 1971 autorise le Secrétaire d'État à désigner des organismes de certification et à leur donner le pouvoir de délivrer des certificats de conformité lorsqu'ils ont constaté, après une évaluation détaillée et indépendante, que la conception et la construction d'une installation étaient conformes aux règlements. On a envisagé la désignation des cinq principales sociétés de classification des navires oeuvrant au Royaume-Uni, à savoir,

- American Bureau of Shipping
- Bureau Veritas
- Germanischer Lloyd
- Lloyds Register of Shipping
- Norske Veritas

Ce sont de grandes organisations maritimes réputées, sans véritable but lucratif, qui sont habituées à se faire concurrence. Chaque société a une dimension internationale, avec des représentants et des agents capables de se charger de l'essai et de l'identification des matériaux et de l'équipement ainsi que de la supervision des constructions et des réparations; cela est particulièrement important car l'industrie pétrolière est avant tout internationale. Les cinq sociétés ont donc été approchées. Toutes ont indiqué qu'elles pensaient avoir les ressources et le personnel nécessaires pour effectuer le travail, mais elles ont stipulé que le ministère de l'Énergie devait fixer les normes à respecter (d'où les livres vert et bleu). Avant leur nomination, chaque organisation a soumis un bilan détaillé de ses ressources financières et techniques. En général, on a dû leur demander d'engager des spécialistes supplémentaires dans les domaines du génie civil, de la mécanique des sols, des fondations et du béton renforcé. Dans chaque cas, les sociétés concernées ont accepté. Plus tard, on a nommé une sixième organisation. Il s'agit d'un consortium d'ingénieurs-conseils et de spécialistes en architecture navale, Halcrow, Ewbank and Associates Certification Group.

Tout va toujours très vite dans l'industrie pétrolière et la conception n'a généralement qu'une faible avance sur la construction. Les organismes de certification ont accepté sans mal cette situation et maintiennent des relations étroites avec les concepteurs dès le début: les problèmes sont détectés et résolus dès qu'ils surgissent au lieu d'apparaître plus tard et de perturber les travaux et provoquer des retards.

Le *Petroleum Inspectorate*

La clause 6(4) de la loi de 1971 autorise le Secrétaire d'État à nommer des inspecteurs pour l'aider à faire appliquer la loi. À l'heure actuelle, le *Petroleum Inspectorate* rassemble un petit groupe d'ingénieurs dans les domaines pétrolier, civil, mécanique et électrique, ainsi que des spécialistes de la sécurité au travail: un ancien chef de la *Structural Branch* est à l'heure actuelle chef de la sécurité. (D'autres services d'inspection, relevant d'autres lois, sont chargés de tout ce qui concerne la plongée et les pipelines.) Les inspecteurs effectuent des inspections régulières à la fois en mer et sur les chantiers de construction. Un premier objectif est de vérifier que le système de certification défini dans les règlements fonctionne tel que prévu et que toutes les étapes de la construction et de l'entretien sont supervisées comme il convient. L'inspection s'intéresse aussi aux contrôles continus et périodiques précisés dans les règlements ainsi qu'à la formation. Des réunions sont organisées périodiquement avec les organismes de certification, individuellement et collectivement, pour examiner l'expérience acquise, résoudre les problèmes éventuels dans l'application des règlements et garantir que tous les organismes de certification ont des normes équivalentes. Des entretiens ont aussi lieu périodiquement avec les ministères appropriés de gouvernements étrangers ayant des intérêts dans la mer du Nord et les zones

maritimes voisines, là encore dans le but d'harmoniser le plus possible les méthodes de surveillance et les exigences.

Une conférence intergouvernementale sur la sécurité et la pollution est organisée périodiquement pour étudier l'état d'avancement des travaux et les recommandations de groupes de travail créés dans le but d'harmoniser les exigences nominales relatives aux conditions de travail: par exemple, le groupe de travail I, constitué de spécialistes français, norvégiens et anglais, était responsable de l'élaboration et de la mise à jour de critères de conception environnementaux acceptés pour toutes les zones marines du plateau continental de l'Europe du nord-ouest. Le *Petroleum Inspectorate* joue un rôle important dans ces conférences.

Depuis la dissolution d'OFINTAC, la *Petroleum Division Five*, dont dépend l'*Occupational and Safety Inspectorate*, a assumé la responsabilité de la mise à jour du livre bleu, demandant au besoin les conseils de spécialistes et organisant les échanges volontaires maintenant bien établis avec l'industrie.

Nous ne prétendons pas donner ici une image détaillée de cet *Inspectorate*. Nous n'avons pas parlé en effet des tâches administratives permanentes, des consultations avec d'autres ministères et de la résolution des problèmes quotidiens inévitables.

CONCLUSIONS

Après 10 ans d'activité, nous estimons que les mesures prises pour assurer la résistance, la stabilité et la navigabilité des installations offshore dans les mers britanniques ont atteint leurs objectifs et constituent, sinon l'idéal, du moins un compromis raisonnable entre ces deux extrêmes que sont le contrôle volontaire et la réglementation totale.

Dans la mesure où les normes minimales spécifiées sont respectées, aucune contrainte n'est imposée aux propriétaires, concepteurs et organismes de certification, et les propriétaires peuvent choisir leur propre organisme de certification. Enfin, les inspections détaillées indépendantes de la conception et de la construction ainsi que les vérifications périodiques imposées aux propriétaires ne constituent pas de plus grandes obligations que celles assumées normalement par un propriétaire soucieux de préserver la vie de ses employés et de protéger ses investissements.

Terminons en soulignant que l'incurie n'est jamais de mise lorsqu'il est question de la mer.

T.S. McIntosh
Vice-président exécutif et agent d'exploitation en chef
Zapata Corporation

M. McIntosh est titulaire d'un diplôme en génie mécanique de l'Université Rice et d'une M.B.A. de l'Université Stanford. Avant d'entrer à la Zapata Corp., M. McIntosh a occupé divers postes de direction à la Tenneco Oil Co. En plus d'avoir été élu au conseil d'administration de la Zapata en 1984, il y occupe actuellement le double poste de vice-président exécutif et agent d'exploitation en chef. M. McIntosh est président sortant de l'Association internationale des entrepreneurs en forage (IADC). En 1983, il était président du *Symposium on Safety of Life Offshore*, organisé conjointement par l'IADC et le Scripps Institute of Oceanography.

DOCUMENT H3

Un mécanisme de contrôle pour une véritable sécurité des opérations

Pour l'Association internationale des entrepreneurs en forage (IADC), la relation qui doit exister entre la réglementation gouvernementale et les activités offshore n'est pas un sujet nouveau. À la fin des années 1970, par exemple, nous avons travaillé en étroite collaboration avec la *U.S. Coast Guard* pour élaborer le code s'appliquant aux unités de forage offshore mobiles battant pavillon des États-Unis. Depuis, nous n'avons cessé de travailler sur le sujet. Les relations industrie-gouvernement ont été en fait le thème d'une session complète du *Symposium on the Safety of Life Offshore*, qui s'est tenu l'été passé en Californie. Lors de ce colloque, auquel participaient des représentants des deux Amériques et de l'Europe, nous avons examiné un grand nombre de sujets inscrits à l'ordre du jour de la présente conférence. Et nous avons conclu qu'une coopération étroite entre le gouvernement et l'industrie est le meilleur garant de la sécurité. Cette conclusion a été reprise l'automne passé par le groupe de travail sur la sécurité en mer créé par deux associations canadiennes, l'*East-coast Petroleum Operators' Association* et l'*Arctic Petroleum Operators' Association*. Dans leur rapport sur la sécurité en mer, il est écrit que:

> La solution des problèmes de sécurité nécessite un effort concerté de coopération et de communication dans l'industrie et entre l'industrie et le gouvernement (1).

Je souscris de tout coeur à l'idée que des règlements efficaces et réalistes ne peuvent voir le jour que si l'industrie et le gouvernement travaillent main dans la main. Mais examinons le principe de plus près. Tout repose sur le mot «réaliste». Les règlements relatifs à la sécurité ne seront efficaces que s'ils visent des situations réelles, de façon raisonnable. D'abord et avant tout, nous devons résister à la tentation de réglementer pour réglementer. Les règlements ne doivent pas non plus être utilisés comme une entrave aux affaires. Je ne commence pas une diatribe. Car cela arrive effectivement.

Dans son livre *The Apocalyptics*, Edith Efron montre comment certains chefs de file scientifiques, qui sont philosophiquement hostiles au monde des affaires en général, ont systématiquement écarté certains faits pour «prouver» que les causes de cancer chez les hommes sont avant tout industrielles. Pourtant, l'étude la plus approfondie sur le sujet indique que seule une très petite fraction des cancers humains, peut-être 5 %, peut être directement attribuée à des produits chimiques industriels (2). Voici une citation du livre d'Edith Efron qui révèle cette attitude hostile vis-à-vis du monde des affaires:

> L'idée (est) que le problème essentiel de la réglementation est un conflit entre le bien et le mal, entre des législateurs désintéressés qui cherchent à protéger nos vies et des hommes d'affaires égoïstes qui cherchent à nous tuer tous (3).

Il s'agit d'une position extrême, mais nous devons reconnaître qu'une telle attitude existe. Nous devons faire tres attention de ne pas la laisser s'insinuer, même subtilement, dans le processus de la réglementation.

Nous devons aussi être très prudents avec la démarche «haute technologie». Au lendemain des naufrages de l'*Alexander Kielland* et de l'*Ocean Ranger*, d'aucuns ont réclamé des gadgets, des systèmes redondants et des protections électroniques de toutes sortes. Mais tout cela aurait-il pu empêcher les naufrages? L'*Alexander Kielland* a été construite dans un pays ou la réglementation est l'une des plus strictes au monde, et pourtant une erreur humaine sur le chantier naval a provoqué le naufrage. De toute évidence, l'*Ocean Ranger* avait été conçue pour résister à la tempête puisque les deux plates-formes *SEDCO 706* et *Zapata Ugland* ont traversé la même tempête sans incident. Là encore, il semble qu'il s'agisse d'une erreur humaine. Ce qu'il fallait, dans ces deux cas au moins, c'était une meilleure formation et non une meilleure technologie. Les forces économiques qui commandent l'industrie du pétrole sont telles que chaque exploitant de plate-forme recherchera la technologie la meilleure et la plus sûre pour rester dans la course. Voilà ce que je veux dire lorsque je parle de solutions réalistes à des problèmes réels. Si vous voulez écrire des règlements qui permettent d'atteindre les objectifs fixés, sans étrangler l'industrie, vous devez connaître à fond l'industrie que vous voulez réglementer.

Malheureusement, il n'est pas rare que des gouvernements s'appuient sur les opinions de spécialistes non qualifiés. Un accord de coopération entre le gouvernement et l'industrie peut apporter la compétence nécessaire pour élaborer des règlements efficaces acceptables par tous. Cela ne veut pas dire que le gouvernement n'a pas demandé conseil à l'industrie en ce qui concerne les activités offshore au Canada. Mais, bien souvent, le gouvernement ne s'est pas adressé aux bonnes personnes. Ou bien, il s'est adressé aux compagnies pétrolières, mais pas aux entrepreneurs en forage, ce qui est deux choses bien différentes. Plus tôt cette année, par exemple, des administrateurs de compagnies pétrolières

se sont réunis dans le cadre du *Sea Grant Program* de la Texas A & M University pour discuter de la sécurité en mer. Quelle a été leur conclusion? Voici un extrait d'un rapport de la conférence:

> La plupart des producteurs rejettent le blâme de tout problème qui peut surgir sur leurs entrepreneurs, bien que les grandes pétrolières ne s'entendent pas sur la gravité du problème (4).

Il va sans dire que nous, les entrepreneurs, nous nous objectons à cette conclusion. Les entreprises de forage en mer font partie de l'industrie pétrolière, mais elles sont différentes des compagnies pétrolières. Cette distinction est essentielle, mais peu de personnes la font.

De nos jours, de nombreux individus consciencieux et très capables travaillent au gouvernement. Cependant, peu, à moins qu'ils n'aient eu des racines dans l'industrie, peuvent prétendre avoir une connaissance aussi détaillée des activités offshore que celle de nos travailleurs. Le gouvernement doit recourir à la compétence de l'industrie pour pouvoir la réglementer de façon efficace. Quel est alors le véritable rôle du gouvernement? Je suis sûr que certains ici présents auraient quelques réponses intéressantes. Mais la question est honnête et elle mérite une réponse honnête. Le *Marine Board* du *National Research Council* à Washington a donné une définition étroite du rôle du gouvernement dans les activités offshore dans une publication récente intitulée *Safety Information and Management on the Outer Continental Shelf*. D'après ce document, le rôle du gouvernement est le suivant:

> Inciter l'industrie à utiliser des techniques sûres, à diffuser l'information, et à promouvoir la mise au point et l'application d'une technologie qui améliorera la sécurité des activités sur le plateau continental (5).

Je suis d'accord avec cette définition, mais je pense que nous devons élargir cette vue. Le gouvernement se doit d'envisager le problème globalement. L'industrie doit, nécessairement, se concentrer sur des tâches spécifiques. Le devoir du gouvernement est de rechercher le bien de tous. Le problème est de préciser ce mandat et d'équilibrer les différentes demandes.

Je pense que la plupart d'entre nous, dans l'industrie offshore, conviennent que la pression initiale des autorités provinciales pour que la main-d'oeuvre soit recrutée localement était probablement une erreur, même si cette politique est compréhensible et réalisable dans certaines activités. Il ne fait aucun doute que cette pratique peut donner de mauvais résultats dans les domaines où une longue expérience est nécessaire. Il n'y avait vraiment aucune raison d'imposer à cette politique puisque, du point de vue économique, il est préférable que les entrepreneurs en forage travaillant dans des eaux étrangères commencent à recruter une main d'oeuvre locale aussi rapidement que possible. Le coût du transport d'équipages entiers d'un bout du continent ou de l'océan à l'autre devient prohibitif à long terme. La plate-forme *Zapata Scotian* est un bon exemple. Son exploitation a commencé il y a deux ans au large de l'île de Sable avec un équipage principalement américain. Aujourd'hui, son équipage est canadien à 91 %. Heureusement pour nous, plus de la moitié des Canadiens embauchés avaient déjà une certaine expérience du travail offshore. Mais, pour ceux qui n'en avaient pas, il a fallu deux années complètes pour les former. Et cela constitue une performance par rapport à ce que nous avons aux États-Unis car nos employés canadiens ont généralement fait de meilleures études, ils ont une plus grande expérience et ils sont plus sérieux. Mais la formation prend du temps; dans ce cas, deux années. L'industrie offshore est tellement nouvelle qu'on ne rencontre pas un équipage complet de plate-forme tous les jours. De plus, lorsque vous travaillez avec un équipement très coûteux et complexe, dans des conditions difficiles, voire dangereuses, il est très risqué d'engager des travailleurs non compétents. Ce risque peut être prévenu s'il existe un mécanisme permettant aux autorités gouvernementales et aux exploitants offshore de travailler ensemble pour atteindre des objectifs communs. Un tel mécanisme n'est pas un rêve fumeux. Il en existe déjà plusieurs bons exemples.

Le *Panama Offshore Industry Committee* constitue un de ces exemples. Ecoutons Hugo Terrijos Richa, directeur général des *Consular and Maritime Affairs* de la République du Panama. Il souligne que le *Panama Offshore Advisory Committee* a permis à l'industrie de

> participer dès le début à l'élaboration et à la mise en application de toutes sortes de réglementations. Il a aussi constitué une excellente source d'information sur tout ce qui concerne l'administration maritime. Parallèlement, le comité a permis à l'administration de profiter de la grande compétence et de la vaste expérience de l'industrie (6).

Pourquoi le Panama a-t-il eu besoin de la compétence de l'industrie? Il possédait déjà une expérience considérable dans le domaine maritime. Le gouvernement panaméen a demandé conseil à l'industrie car il a reconnu que, la plupart du temps, le forage constitue le principal élément de l'industrie offshore. Normalement, les activités font appel aux principales techniques maritimes pendant environ 5 % du temps, pour le déplacement de la plate-forme.

La plupart des chefs de file de l'industrie offshore viennent du secteur du forage et ont appris les techniques maritimes nécessaires. Les Panaméens ont reconnu cette dualité et ont adopté la démarche conduisant à un régime de réglementation qui encourage une industrie du forage offshore productive. Nous avons un tableau semblable, très positif, des relations de travail entre l'industrie et le gouvernement au Royaume-Uni. Le gouvernement a recherché très tôt la collaboration de l'industrie et des rencontres industrie-gouvernement organisées pour étudier les règlements prévus font partie intégrante du processus d'élaboration des codes. Un système semblable semble maintenant fonctionner assez bien aux États-Unis, malgré un peu de tangage au départ. Aujourd'hui, la *U.S. Coast Guard*, qui est responsable de la sécurité sur le plateau continental, recherche activement la coopération de l'industrie pour l'élaboration des règlements.

La préparation d'une étude détaillée des compétences et des connaissances maritimes nécessaires par plusieurs compagnies membres de l'IADC constitue justement un exemple de cette coopération. Cette analyse sera présentée à la *Coast Guard* qui s'en servira comme base pour l'élaboration de futurs règlements relatifs aux permis. Dans un exposé présenté au *Symposium on the Safety of Life Offshore* de l'année passée, le capitaine Thomas Tutwiler, chef de la *Merchant Vessel Inspection Division* de la *U.S. Coast Guard*, a décrit sa mission de cette façon:

> L'objectif du gouvernement est de garantir un niveau acceptable de sécurité sur les lieux de travail sans imposer à l'industrie des contraintes telles qu'il devienne impossible économiquement d'exploiter les ressources des fonds marins. Les organismes gouvernementaux ne peuvent établir des règles de sécurité isolément. Ils doivent connaître les industries qu'ils réglementent afin de définir des pratiques sûres qui soient en même temps économiquement réalisables (7).

Aujourd'hui, le Canada se trouve dans une position très favorable. Les activités offshore sont comparativement nouvelles et vous n'êtes pas liés par des décennies de précédents importants. Partant ainsi à zéro, vous avez la chance de pouvoir établir l'un des meilleurs systèmes de réglementation au monde. Mais, de grâce, ne vous laissez pas emporter. Le Canada, comme la plupart des pays, a certains besoins spécifiques. Mais si vous établissez des règlements si particuliers qu'ils n'ont plus rien à voir avec

la réalité observée dans les autres pays, vous entraverez les activités offshore au Canada pour des années. La nature de l'industrie offshore impose aux entrepreneurs en forage de se déplacer régulièrement dans les eaux de nombreux pays. Un haut degré d'uniformité des normes est nécessaire si nous voulons que l'industrie reste opérationnelle et rentable. Si cela est possible, les membres de l'IADC demandent que les législateurs canadiens étudient la possibilité d'avoir des normes relatives au personnel et aux permis identiques dans toute l'Amérique du Nord, ce qui constituerait peut-être un schéma réaliste pour d'autres pays. En outre, je suggère fortement que, dans l'élaboration des règlements offshore, les fonctionnaires canadiens examinent en profondeur les travaux considérables que l'Organisation maritime internationale a effectués dans ce domaine. L'OMI a rédigé plusieurs codes de sécurité applicables internationalement pour les activités offshore. Une telle étude s'impose car, à mon avis, l'OMI est le seul organisme qui puisse être considéré comme vraiment représentatif de la communauté maritime internationale. Cela ne signifie pas que nous sommes d'accord avec tout ce que l'OMI a fait. Par exemple, nous ne sommes pas d'accord avec la façon dont certaines questions techniques ont été résolues dans le code MODU de l'OMI. Mais l'Organisation maritime internationale a toujours été soucieuse de faire participer l'industrie à l'élaboration des codes. Et cet organisme constitue une véritable tribune internationale où l'on peut débattre de la sécurité et d'autres problèmes maritimes.

Je désirerais faire une dernière suggestion en ce qui concerne l'établissement d'un système de réglementation canadien: que toute la responsabilité revienne à un seul organisme. Un des problèmes qui nous a le plus déroutés en ce qui concerne les activités offshore canadiennes est le nombre d'organismes qui interviennent dans le processus de réglementation. Par exemple, au niveau fédéral, vous avez la Garde côtière canadienne et l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, sans mentionner Revenu Canada et Emploi et Immigration. Ensuite, il y a la Direction générale du pétrole de Terre-Neuve, le ministère du Travail et de la Main-d'oeuvre, divers organismes néo-écossais, et d'autres. Tous ces organismes s'ajoutent aux organismes de réglementation du pays d'immatriculation de la plate-forme de forage et aux diverses sociétés de classification. Cela se traduit souvent par des inspections multiples, avec toutes les répétitions que cela implique. Il nous a fallu par exemple répéter plusieurs fois le même exercice de ballastage, les organismes venant les uns après les autres vérifier que nous le faisions correctement.

Je propose que l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) soit le principal organisme de réglementation de la sécurité en mer. J'aimerais cependant inciter l'APGTC à demander conseil à la Garde côtière canadienne. Les garde-côtes sont des marins; ils ont acquis leur compétence «sur le terrain» et ils comprennent ce que signifie l'expression sécurité en mer.

Le naufrage de l'*Ocean Ranger* a été un grand choc pour toutes les personnes ici présentes. Nous l'avons certainement ressenti d'une façon viscérale à la *Zapata* car la *Zapata Ugland* était l'une des deux plates-formes qui ont essuyé la tempête au cours de laquelle l'*Ocean Ranger* a sombré. Tous ici avons passé beaucoup de temps au cours des deux dernières années à évaluer cette tragédie, comme nous l'avions fait après le naufrage de l'*Alexander Kielland* deux années auparavant. Là où il fallait apporter des changements, les changements ont été apportés, en particulier dans le domaine de la formation. Par exemple, le propriétaire de l'*Ocean Ranger*, ODECO, a créé une division maritime chargée spécifiquement de la formation et de la certification des travailleurs et superviseurs maritimes. Je pense que nous sommes tous plus conscients qu'auparavant des aspects maritimes de notre entreprise. D'autres changements sont peut-être nécessaires, ainsi que des règlements garantissant que ces changements sont effectués. Mais ce serait une grave erreur de se précipiter automatiquement avec une série de nouveaux règlements, déraisonnables et non vérifiés, seulement pour satisfaire un mandat politique de «faire quelque chose». Le plus difficile est de prendre le temps nécessaire pour effectuer le travail correctement lorsque vous êtes assaillis par des demandes d'action immédiate. La Commission Royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* peut être l'instrument permettant d'élaborer l'un des codes offshore les plus modernes et efficaces au monde. Il nous suffit de continuer à travailler ensemble.

Bibliographie

(1) «Eastern Offshore News», Canadian Petroleum Association, Saint-Jean (Terre-Neuve), décembre 1983, p. 3.
(2) «Fortune», Time, Inc., Los Angeles, 23 juillet 1984, p. 127.
(3) Ibid., p. 130.
(4) «Ocean Science News», Nautilus Press, Washington, 11 juin 1984, p. 1.
(5) «Safety Information and Management on the Outer Continental Shelf», Marine Board, National Research Council, Washington, 1984, p. 7.
(6) «Proceedings from the Symposium on the Safety of Life Offshore», Scripps Institute of Oceanography, La Jolla, Californie, juin 1983, p. 63.
(7) Ibid., p. 54.

C. Bonke
Président
Association pétrolière du Canada

M. Bonke est à l'emploi de Shell depuis 1956 et y occupe actuellement le poste de directeur des affaires environnementales, programme d'exploration en régions pionnières. Il s'occupe très activement des associations de l'industrie; il fait partie du conseil d'administration de l'APOA/EPOA et préside les destinées du groupe de travail sur la sécurité offshore de l'EPOA/APOA. M. Bonke est actuellement président de la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada.

DOCUMENT H4

Un mécanisme de contrôle pour une véritable sécurité des opérations

INTRODUCTION

Le but de cet exposé est de résumer le système de réglementation canadien du point de vue de l'industrie pétrolière offshore canadienne. Mes remarques porteront principalement sur la sécurité et les forages d'exploration au large de la côte est du Canada. L'exposé comprend trois parties:

1. une brève description du système de réglementation actuel;
2. un résumé des problèmes que posent les réglementations actuelles à l'industrie;
3. quelques suggestions constructives pour essayer d'améliorer l'efficacité et l'efficience du système.

LE SYSTÈME DE RÉGLEMENTATION ACTUEL

Dans le système canadien de réglementation actuel, un certain nombre de ministères et d'organismes gouvernementaux, tant fédéraux que provinciaux, se partagent une large gamme de responsabilités. Par l'intermédiaire de ces divers organismes, le gouvernement administre un grand nombre de lois, de règlements, de lignes de conduite, de normes et de directives concernant les activités pétrolières offshore.

Le gouvernement fédéral, par l'intermédiaire de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC), administre les lois et règlements relatifs à l'occupation des sols et aux opérations de forage sur le plateau continental canadien. Il s'agit plus précisément de la *Loi sur le pétrole et le gaz du Canada*, de la *Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz* et du *Règlement sur le forage et l'exploitation des puits de pétrole et de gaz au Canada*. Toutes les activités associées à l'exploration du pétrole et du gaz doivent être autorisées par l'APGTC. L'APGTC inspecte et surveille les opérations, assurant que les activités sont conduites de façon sûre, du point de vue exploitation et environnement, et qu'elles offrent des avantages nationaux et régionaux. Le gouvernement contrôle les activités d'exploration offshore de l'industrie par le biais d'un système détaillé de permis. L'exploitant doit démontrer au gouvernement que ses opérations de forage peuvent être menées de façon sûre. Le but de ce système est d'assurer que les plans des exploitants obéissent aux règlements gouvernementaux avant que le forage commence. Lorsque le forage est commencé, le gouvernement surveille les opérations et fait appliquer les règlements. La figure ci-jointe montre l'interaction entre le gouvernement fédéral et l'industrie de l'exploration offshore.

Chaque exploitant de compagnie pétrolière signe d'abord un accord d'exploration avec l'APGTC. L'accord spécifie les droits de l'exploitant sur certaines terres et fixe un programme d'activités pour la compagnie pour la durée de l'accord, en général de trois à cinq ans. Un Plan de retombées canadiennes inclus dans l'accord définit les avantages industriels et sociaux ainsi que les retombées en matière d'emploi attendues de ces activités. Quand un exploitant planifie des opérations de forage, il fait d'abord une demande d'*approbation du programme de forage*. Cette approbation permet à la compagnie d'utiliser une certaine unité de forage dans une région précise, pendant un certain temps. L'exploitant fournit à l'APGTC une description détaillée du programme de forage: formation et qualification du personnel, plans d'urgence, manuels d'exploitation, preuve de santé financière, résumé de la géologie, risques possibles présentés par le fond marin et conditions d'exploitation à l'emplacement du forage. Le gouvernement examine et évalue les demandes et inspecte la plateforme de forage et l'équipement.

Lorsqu'il a reçu l'*approbation du programme de forage*, l'exploitant fait alors une demande d'*autorisation de forage d'un puits*. Dans sa demande, l'exploitant fournit d'autres renseignements sur des programmes particuliers et complète la description fournie dans l'*approbation du programme de forage*. L'APGTC examine cette demande et, si elle la trouve acceptable, elle autorise le forage du puits. Une fois l'autorisation reçue et le forage en cours, l'APGTC surveille et inspecte les opérations tout en faisant appliquer les règlements. L'APGTC maintient un contact étroit avec l'exploitant et surveille ses activités journalières pour vérifier qu'il suit les plans du programme de forage. L'exploitant doit mener ses opérations en accord avec les règlements, les lignes de conduite et les directives, sous peine de se voir retirer son autorisation de forage.

La Garde côtière canadienne détient aussi une responsabilité en matière de sécurité en mer. En effet, c'est elle qui administre la *Loi sur la marine marchande du Canada*. La Garde côtière surveille et approuve la conception et la construction des composantes marines des plates-formes de forage et des navires de soutien, ainsi que l'équipement de sécurité et le recrutement des équipages. Un *protocole d'entente* entre l'APGTC et la Garde côtière spécifie leurs activités respectives. Plusieurs autres ministères, organis-

mes et groupes consultatifs fédéraux comme les ministères des Transports, des Communications, de l'Environnement et la Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada jouent un rôle consultatif en ce qui concerne la sécurité, les communications, l'environnement et la main-d'oeuvre.

Le gouvernement provincial de Terre-Neuve et du Labrador administre aussi des lois et règlements relatifs aux opérations de forage en mer par le biais de sa Direction générale du pétrole. D'autres ministères interviennent dans les domaines de la formation, de la sécurité, des programmes d'achat locaux et des mesures d'urgence. Cette réglementation provinciale chevauche certaines activités fédérales.

Dans le cadre de l'accord entre le Canada et la Nouvelle-Écosse sur la gestion des ressources pétrolières et gazières situées au large des côtes et sur le partage des recettes, on a créé le bureau régional de Nouvelle-Écosse de l'APGTC, sous la direction de l'Office canadien et néo-écossais du pétrole et du gaz. L'exploration offshore est soumise aux lois et règlements fédéraux. Des représentants provinciaux jouent un rôle consultatif auprès de l'APGTC dans l'administration courante des activités d'exploration. Des membres du ministère des Mines et de l'Énergie de Nouvelle-Écosse coopèrent aussi avec l'industrie, l'APGTC et d'autres ministères provinciaux sur des sujets concernant l'exploration.

Les règlements et exigences du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux sont exhaustifs, couvrant pratiquement tous les aspects de l'exploration comme le forage, le contrôle des puits, les procédures d'évacuation, la prévention des incendies, la manutention, la navigation, les codes de l'électricité et la sécurité du personnel.

En résumé, on peut constater que l'industrie pétrolière est fortement réglementée par de nombreux organismes gouvernementaux. Les règlements et le système de réglementation sont exhaustifs et complexes.

PROBLÈMES

Le système actuel de réglementation pose un certain nombre de problèmes à l'industrie. J'examinerai quatre de ces problèmes:

- Les problèmes associés au chevauchement et à la complexité des règlements;
- la rigidité de certains règlements;
- les problèmes pratiques de la mise en application des règlements;
- l'élaboration des règlements.

Chevauchement, rigidité et complexité des règlements

Dans son étude récente des mesures de sécurité dans l'industrie offshore canadienne, le groupe de travail sur la sécurité en mer mis sur pied par l'industrie a relevé certains défauts, chevauchements et conflits dans les règlements. Par exemple, plusieurs règlements avaient des normes différentes en ce qui concerne les embarcations, les radeaux et les bouées de sauvetage. Les règlements canadiens visent à la fois les opérations maritimes et les opérations de forage. Les problèmes se sont posés lorsqu'on a essayé de réglementer simultanément ces activités distinctes.

Il faut se rappeler que l'exploration pétrolière offshore est une entreprise internationale. De nombreuses unités de forage offshore sont immatriculés dans des pays étrangers et il y a des cas où les normes canadiennes diffèrent de celles du pays d'immatriculation. Cela a créé une certaine confusion.

Des règlements détaillés dans certains domaines de l'activité offshore ont entraîné des difficultés et une certaine inefficacité dans l'industrie et dans la législation. Lorsque les règlements sont trop détaillés, on peut en venir à préférer le jugement du législateur à celui du concepteur ou de l'exploitant. Très souvent, le législateur n'a pas toute l'information nécessaire pour une opération spécifique. Cela est particulièrement vrai au Canada où diverses conditions d'exploitation imposent des solutions spécifiques.

Certains règlements sont trop rigides. Les régions offshore canadiennes varient considérablement (différences dans les conditions de mer, de glace et d'éloignement) et nécessitent souvent des solutions particulières pour permettre une exploitation sûre. La technologie évolue rapidement et les industriels pensent que les règlements devraient être suffisamment souples pour garantir qu'on utilise la meilleure technologie disponible. En général, nous suggérons que les règlements spécifient les normes de performance plutôt que des techniques ou des méthodes particulières. Cela assurerait la souplesse nécessaire.

Certains règlements désuets sont encore appliqués au Canada. Il faudrait les revoir, les mettre à jour ou les éliminer. Des règlements désuets de même que des défauts, des conflits et des règlements rigides peuvent avoir des conséquences néfastes sur la sécurité.

Mise en application

Une fois que l'exploitant a reçu l'autorisation de forer le puits, il est responsable de la sécurité des opérations. L'exploitant, à son tour, compte sur des entrepreneurs pour diverses tâches telles que le forage, le soutien héliporté et le ravitaillement. L'exploitant rédige alors le contrat de forage de façon à s'assurer que l'entrepreneur en forage se conforme à ses règlements internes et aux règlements du gouvernement. Ainsi, les entrepreneurs doivent s'assurer que tous les règlements pertinents sont observés, ils doivent gérer plusieurs contrats et sous-contrats, ce qui constitue tout un défi en termes de temps et de dépenses. L'industrie reconnaît le rôle important et la responsabilité du gouvernement en matière de réglementation. Cependant, il est possible d'améliorer la réglementation des activités industrielles pour qu'elle soit plus efficace et plus rentable. Nous aimerions voir nos ressources utilisées plus efficacement, dans le sens d'une amélioration de la sécurité.

L'élaboration des règlements

Jusqu'à très récemment, et à l'exception du Conseil consultatif sur la sécurité maritime de la Garde côtière, il n'existait aucune procédure formelle faisant intervenir l'industrie dans les questions de sécurité en mer. L'élaboration des règlements n'est pas un processus clairement défini. Aucune instance administrative ne résout les conflits qui peuvent exister entre différents règlements et aucune réglementation n'encourage systématiquement l'adoption de meilleurs technologies. Les interventions de l'industrie dans l'élaboration de nouveaux règlements n'ont pas toujours été logiques. Si la participation de l'industrie se limite à un examen des versions définitives des règlements, il est probable qu'on a perdu certaines chances d'élaborer des règlements efficaces. Malgré des défauts dans le système, l'APGTC et l'industrie offshore collaborent actuellement pour élaborer des règlements sur le forage offshore. Enfin, le Comité consultatif de la sécurité sur les terres du Canada a été créé récemment pour étudier divers problèmes de sécurité. Ce comité offre aussi un mécanisme permettant à l'industrie de participer à l'élaboration des règlements en matière de sécurité en mer.

AMÉLIORATIONS

Bien que l'industrie pétrolière se conforme aux normes existantes et que, dans bien des cas, elle se fixe des normes internes plus strictes, nous pensons qu'il existe une meilleure approche en ce qui concerne la sécurité en mer au Canada. Voyons quels sont les éléments clés d'un système de réglementation efficace. Avant tout, l'industrie et le gouvernement devraient reconnaître les limites de la réglementation. Les règlements sont seulement un élément d'un

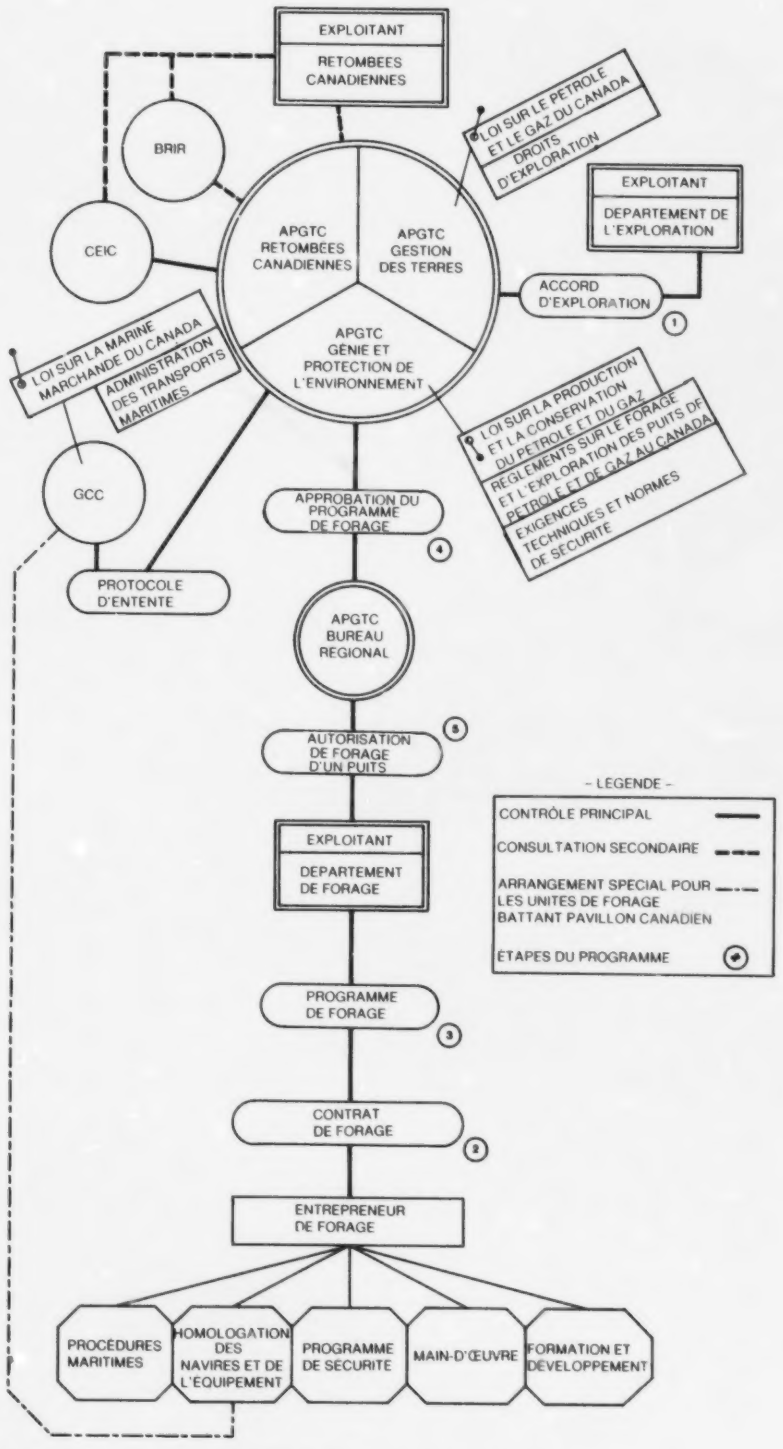


FIGURE 1 (Source: Manadrill Drilling Management Inc. "An Evaluation of Industry Safety Management in Eastern Canada Offshore Drilling Operations.")

système de contrôle détaillé et complet en matière de sécurité. Un objectif commun et fondamental de l'industrie et du gouvernement doit être de garantir un milieu de travail sûr. À notre avis, le meilleur système de réglementation se caractériserait par trois éléments clés. Premièrement, il garantirait des normes élevées de sécurité. Deuxièmement, il serait mis en application de façon efficace et rentable; et, troisièmement, il offrirait un mécanisme permettant de corriger les problèmes dans le système et d'introduire des changements positifs dès que cela est nécessaire. Un système de réglementation possédant ces caractéristiques serait efficace sans être indûment complexe.

Le meilleur système garantissant la sécurité des opérations se caractérise par la clarté, la cohérence et la facilité de mise en application et de surveillance par l'exploitant, l'entrepreneur et le législateur. Il doit être souple dans son application aux différentes régions offshore canadiennes et il doit promouvoir l'utilisation de technologies améliorées tout en offrant des mesures de protection rigoureuses. L'industrie appuie sans réserve ce type de changement positif dans le système de réglementation.

Règlements efficaces, efficients et souples

Une réglementation très détaillée ne s'est pas nécessairement traduite par une plus grande sécurité. Des règlements modérément détaillés constituent le meilleur moyen de garantir la sécurité de façon efficace et efficiente. Les règlements doivent être simplifiés. Des règlements compliqués peuvent entraîner la confusion et être appliqués de façon inadéquate. Avec une réglementation plus appropriée, l'industrie serait mieux en mesure de conduire ses opérations de façon plus efficace. Des règlements moins détaillés qui ne se contredisent pas les uns les autres élimineraient la confusion créée par le grand nombre de règlements complexes. Les règlements canadiens relatifs à la sécurité maritime applicables à l'exploration offshore devraient tenir compte des situations internationales, nationales et régionales (comme les différences dans les normes et les conditions d'exploitation) afin de réduire les conflits au minimum et d'assurer la compatibilité des règlements. Une loi sur le plateau continental éliminerait une grande partie de la confusion juridictionnelle et de l'incertitude juridique actuelles. Il devrait aussi exister un moyen d'améliorer systématiquement les règlements en tenant compte de la meilleure technologie disponible en matière de sécurité. Les problèmes de chevauchement des règlements, de conflits et de défauts devraient être réduits au minimum et résolus entre le gouvernement et l'industrie. Le gouvernement et l'industrie devraient revoir le système de réglementation pour établir quel type d'opération nécessite des règlements très détaillés et spécifiques et quel type nécessite des règlements souples et généraux imposant des normes de performance. Il reviendrait à l'industrie, surveillée par le gouvernement, de choisir les moyens d'atteindre ces normes. Il faut reconnaître que les règlements ne sont qu'un élément d'un système de contrôle. La réglementation seule ne permet pas de remplir adéquatement les autres exigences en matière de sécurité, à savoir la présence d'un personnel compétent et conscient des problèmes de sécurité ainsi que des communications efficaces entre le législateur, l'exploitant et l'entrepreneur.

Détermination et attitude

L'industrie reconnaît que la compétence du personnel est la clé de la sécurité. Pour assurer cette sécurité, il faut continuellement insister sur cet aspect des opérations, à tous les niveaux du personnel. Les règles de conduite des compagnies, la formation du personnel et les méthodes utilisées doivent refléter cette position. Toutes les personnes participant aux opérations, travailleurs, superviseurs et gestionnaires, doivent penser sécurité. La formation des employés, une attitude positive et de bonnes conditions de travail réduisent les causes potentielles d'accident dû à une erreur humaine. On ne peut légiférer en matière de détermination et d'attitude. Le personnel adoptera plus facilement des méthodes de travail sûres s'il pense «sécurité d'abord» que s'il doit obéir à un règlement. Il faut insister sur les résultats plutôt que sur la simple obéissance à des règlements.

Un mécanisme permettant d'améliorer la sécurité

Assurer la sécurité des opérations est une entreprise conjointe du gouvernement et de l'industrie. Chacun a son rôle et ses responsabilités. En autorisant un exploitant à forer un puits particulier, le gouvernement laisse à l'exploitant la responsabilité de démontrer que son programme peut être mené de façon sûre. Le gouvernement inspecte et surveille les opérations pour s'assurer que l'exploitant se conforme aux règlements. La responsabilité ultime de la sécurité des opérations revient à l'exploitant. Puisque l'industrie a cette responsabilité, elle devrait pouvoir travailler sans restrictions avec le gouvernement pour rendre les règlements existants plus efficaces et elle devrait participer dès le début à l'élaboration de tous nouveaux règlements ou lignes directrices. Les deux parties fixeraient le niveau de détail des nouveaux règlements ainsi que la meilleure façon d'appliquer ces règlements. L'industrie pourrait apporter son expérience pratique à la conception des règlements et des lignes de conduite. Elle donnerait son point de vue sur l'efficacité des règlements proposés, sur le contexte opérationnel et sur la possibilité d'améliorer la sécurité en adoptant les règlements. Dans certains cas, l'industrie devrait pouvoir élaborer ses propres lignes directrices. En travaillant ensemble, le gouvernement et l'industrie peuvent résoudre les problèmes que pose le système de réglementation actuel et ils peuvent élaborer des règlements et des normes plus efficaces.

Expérience de l'industrie

L'industrie pétrolière mène des travaux d'exploration offshore au Canada depuis plus de 20 ans. Pour assurer la sécurité de ces opérations, les exploitants et les entrepreneurs se sont attachés à utiliser un équipement correctement conçu et construit et un personnel expérimenté et bien formé. L'industrie a montré sa volonté de garantir la sécurité. Elle a des motifs puissants pour adopter cette position: son investissement financier, la perspective de produire du pétrole et du gaz, et son investissement humain.

Progrès

Le groupe de travail sur la sécurité en mer de l'EPOA/APOA a publié en décembre 1983 un rapport contenant de nombreuses recommandations spécifiques portant sur diverses questions de sécurité en mer. L'industrie et le gouvernement ont examiné toutes les recommandations et des mesures concrètes seront bientôt prises. Nous avons vu que l'industrie et le gouvernement étaient décidés à améliorer le système de réglementation actuel. Pendant et après l'étude du groupe de travail sur la sécurité en mer, l'industrie a introduit de nombreux changements dans ses méthodes d'exploitation et de gestion se rapportant à la sécurité en mer. Le gouvernement a aussi répondu à certains problèmes soulevés par l'industrie et a modifié le système de réglementation. Une coopération maximale et des communications dynamiques entre l'industrie et le gouvernement sont nécessaires pour assurer l'amélioration continue de la sécurité en mer. La Commission royale a fait avancer cette cause en organisant cette Conférence et en étudiant les moyens pratiques d'améliorer la sécurité dans les opérations de forage au large de la côte est. Vu les progrès des dernières années, nous sommes sûrs que les opérations au large des côtes canadiennes peuvent être menées de façon efficace, efficiente et sûre.

Résumé des discussions entre les conférenciers

Le président de la séance, M. J.E. Hodgetts, a soumis aux conférenciers, en vue du débat, les deux points suivants qui sont ressortis des exposés présentés: 1) les représentants de l'industrie offshore préfèrent traiter avec un appareil administratif simplifié, limitant au minimum les chevauchements avec les paliers de gouvernement, particulièrement dans le contexte canadien des relations fédérales-provinciales; 2) le point de vue des représentants de l'industrie selon lequel ils en viendraient à établir eux-mêmes une réglementation générale et facultative est impraticable.

M. I. Manum (Norwegian Maritime Directorate) a rapporté l'expérience acquise en Norvège, où un grand nombre d'organismes de réglementation régissaient divers secteurs de l'industrie offshore. Le nombre d'organisme a été réduit pour des raisons pratiques, mais il en existe toujours plusieurs. Cette situation ne pose toutefois pas de problèmes graves puisqu'en Norvège, un seul organisme est autorisé à délivrer les certificats de conformité, selon les recommandations des organismes de réglementation. Par conséquent, les représentants de l'industrie offshore savent exactement qui est l'autorité compétente chargée de délivrer les certificats.

M. G.L. Hargreaves (conseiller pour le Royaume-Uni) a admis que le problème du trop grand nombre d'organismes de réglementation existera toujours parce que le gouvernement est une organisation appelée à croître sans cesse. Le problème se pose non seulement pour les représentants de l'industrie qui doivent traiter avec ces organismes, mais aussi pour les organismes gouvernementaux eux-mêmes. Il est difficile d'éviter les chevauchements administratifs, mais des ententes interministérielles peuvent être conclues; par exemple, le Department of Energy du Royaume-Uni veille à l'application des règlements du bureau de la santé et de la sécurité (*Health and Safety Executive*). M. Hargreaves s'est dit d'avis que l'idéal serait de réduire le nombre d'organismes avec lesquels les représentants de l'industrie doivent traiter, mais il a ajouté qu'une seule autorité compétente n'était pas une solution réalisable.

M. C. Bonke (Association pétrolière du Canada, Division des exploitants offshore) a exposé le point de vue de l'industrie offshore, selon lequel, traiter avec un seul organisme, par exemple l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, facilitait l'application des règlements et constituait le meilleur moyen d'aborder la réglementation. M. Bonke a précisé le point de vue de l'industrie offshore, qui souhaite que la réglementation soit le résultat d'une collaboration entre les représentants de l'industrie et le gouvernement. Il a soutenu que la réglementation devait coller à la réalité.

Résumé de la discussion générale

M. T.S. McIntosh (IADC) a abordé la question de la réglementation par un seul organisme gouvernemental et a souligné qu'au Canada, les représentants de l'industrie offshore ne devraient avoir à traiter des questions de réglementation qu'avec un seul organisme, par exemple l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC). Il s'est élevé contre la pratique obligeant les représentants de l'industrie offshore à se retrouver au milieu des tiraillements intergouvernementaux et a recommandé fortement de ne pas mettre l'industrie offshore en cause dans ce genre de problèmes.

M. McIntosh a exposé également son point de vue au sujet de la participation de l'industrie offshore à la réglementation, et a déclaré que les représentants de l'industrie pétrolière s'acquitteraient honorablement de leurs obligations si on leur confiait directement certaines responsabilités. Cependant, une certaine confiance est nécessaire pour que cette entreprise réussisse. M. McIntosh a souligné le fait qu'une réglementation par le gouvernement n'était pas plus infaillible qu'une réglementation par l'industrie pétrolière. Pour éviter tout problème, il a proposé une façon de procéder selon laquelle les représentants de l'industrie offshore élaboreraient des règles dont la précision technique ferait l'objet de vérifications par un organisme indépendant (une société de classification par exemple), et au sujet desquelles un organisme gouvernemental aurait à dire le dernier mot.

M. Leo Brandon (APGTC) a donné un aperçu des méthodes couramment employées par l'APGTC pour réglementer l'industrie offshore. Il a indiqué d'abord que l'APGTC entretenait des rapports constants avec l'Association pétrolière du Canada et l'Independent Petroleum Operators Association, de manière que les représentants de l'industrie pétrolière puissent participer activement à la réglementation. Il a mentionné le Comité sur la sécurité des terres du Canada, qui est formé de représentants de l'industrie pétrolière et du gouvernement, et qui vise à encourager l'échange de vues pour en arriver à une plus grande sécurité des activités pétrolières en mer. L'APGTC publie en outre des lignes directrices visant à rendre plus spécifiques les règlements qui ont une portée générale, pour en faciliter l'application. Les normes constituent une autre méthode de réglementation, et l'APGTC contribue financièrement aux travaux de normalisation liés aux activités offshore entrepris par l'Association canadienne de normalisation. M. Brandon a souligné qu'en plus de réglementer les activités offshore au moyen d'un ensemble de lois, de règlements, de lignes directrices et de normes, l'APGTC pouvait éventuellement retirer l'autorisation de forage à un exploitant, mais qu'elle ne faisait pas souvent appel à cette possibilité.

M. Brandon a mentionné en outre la participation de la Garde côtière canadienne à la réglementation, ce qui prouve de plus en plus que l'élément maritime de l'industrie offshore relève du domaine d'activité de la Garde côtière. Cette participation s'est concrétisée au moyen d'une convention signée entre l'APGTC et la Garde côtière canadienne.

M. R.A. Quail (Garde côtière canadienne) a confirmé que le Canada essayait de faire en sorte que l'industrie offshore n'ait à traiter qu'avec un seul organisme, l'APGTC. La Garde côtière voit à ce que non seulement les unités de forage canadiennes, mais aussi les unités étrangères dont les activités de forage se déroulent dans les eaux canadiennes, se conforment à la *Loi sur la marine marchande du Canada*, suivant l'autorisation de forage délivrée par l'APGTC.

Le Conseil consultatif de la sécurité maritime de la Garde côtière est un organe de consultation, de négociation et d'information, formé de représentants de l'industrie offshore (propriétaires, exploitants et employés) et du gouvernement, en vue de mettre au point une réglementation qui corresponde à la réalité.

Le professeur W.G. Carson (La Trobe University, Australie) a rappelé aux participants que c'était le manque de règlements précis concernant la formation des opérateurs de ballast qui était à l'origine de l'accident de l'*Ocean Ranger* et qui a donné lieu, par voie de conséquence, à cette conférence. La formation des opérateurs de ballast n'a pas connu de changements importants depuis que cet accident a montré que l'industrie offshore n'appliquait pas sa propre réglementation, et cela ne se fait toujours pas,

même après un tel événement. On ne devrait donc pas laisser l'industrie offshore élaborer sa propre réglementation.

Le contexte politique et économique dans lequel s'est produit l'accident de l'*Ocean Ranger*, qui met en cause plusieurs organismes de réglementation, devrait être considéré lors de l'étude de la réglementation à venir et de la responsabilité de son application.

Le professeur Carson a proposé que les syndicats aident à élaborer et à appliquer la réglementation de l'industrie offshore sur la côte est du Canada, afin que l'hygiène et la sécurité du travail reçoivent la plus grande attention possible. Il a cité l'exemple d'autres pays où la réglementation était élaborée conjointement par la direction, le syndicat et le gouvernement. Il a proposé à la Commission de recommander la syndicalisation de l'industrie offshore sur la côte est du Canada dans son deuxième rapport (partie deux). M. V. Greif (SEDCO, Inc.) a rappelé ses mésaventures dans une installation de forage au large de l'Australie, où l'activité syndicale s'est révélée infructueuse et même néfaste. Il s'est déclaré contre la syndicalisation de l'industrie offshore sur la côte est du Canada. M. I. Manum (*Norwegian Maritime Directorate*) a ajouté qu'en Norvège, où l'on collaborait étroitement avec les syndicats à tous les points de vue, notamment pour l'élaboration des règlements et le financement de la recherche, la participation du mouvement syndical ne posait aucun problème. M. N. Letalik (programme d'études océaniques de Dalhousie) a demandé si des études sur le sujet avaient établi avec certitude si la syndicalisation dans l'industrie offshore avait eu des effets positifs ou négatifs sur ce genre d'activités. M. McIntosh a répondu que, d'après son expérience, les syndicats n'avaient été ni foncièrement bons, ni foncièrement mauvais, mais que tout dépendait des personnes en cause. Il a ajouté que le nombre d'accidents des unités de forage Zapata dans le monde, n'avait rien à voir avec les syndicats.

M. G. Yungblut (EPI Consultants) a affirmé que la participation de l'industrie offshore à la réglementation est non seulement souhaitable, mais indispensable, parce que c'est dans le milieu industriel que se trouvent les compétences nécessaires et que seule la contribution de ce milieu résultera en une réglementation pratique, raisonnable et utile. Il a souligné cependant que l'industrie offshore avait réagi jusqu'à maintenant avec une lenteur désespérante aux demandes de normalisation, et il s'est demandé ce qu'il faudrait faire pour accélérer les choses. Selon M. McIntosh, on obtiendrait les résultats voulus en fixant des délais, mais il a ajouté qu'il valait mieux que l'industrie pétrolière participe étroitement à l'élaboration et à l'application des règles et des prescriptions, avec la supervision gouvernementale que cela suppose, plutôt qu'elle n'en assume elle-même l'entière responsabilité. M. Manum a déclaré qu'en Norvège, la réglementation avait pour but de prévenir les accidents et que, par conséquent, elle était établie en fonction des résultats d'études ou d'enquêtes sur les accidents et leurs causes.

En matière d'élaboration de lignes directrices, M. Greif a souligné la pertinence pour l'industrie offshore de la franche communication qui existe au Canada et dans la zone de la mer du Nord du Royaume-Uni, ainsi que des systèmes d'inspection de ces deux pays, nécessitant des vérifications par des inspecteurs du gouvernement et des inspecteurs indépendants. Il a déclaré que la réglementation en Norvège était excessive et beaucoup trop rigide et qu'elle avait tendance à nuire à l'industrie pétrolière. Les représentants de l'industrie offshore appuient les méthodes en vigueur au Canada, qui sont fondées sur des lignes directrices et des échanges de vues, ce qui permet à l'industrie offshore de participer à l'organisation de ses affaires. Il a encouragé les représentants gouvernementaux investis d'un pouvoir de réglementation, à se familiariser avec le domaine par des périodes de travail pratique sur divers MODU, dans divers pays.

M. E. Gold (programme d'études océaniques de Dalhousie) a mentionné les efforts constants qui ont été déployés depuis le début du siècle, particulièrement par la commission d'enquête sur le naufrage du Titanic, en vue d'améliorer la réglementation concernant la navigation, mais il a rappelé la résistance opposée par l'industrie maritime à ce moment-là, et son désir d'élaborer sa propre réglementation. À l'exception de l'industrie nucléaire, aucun secteur de l'industrie n'a jamais réussi à établir lui-même ou en collaboration, sa propre réglementation. Il faut donc que le gouvernement veille à élaborer et à appliquer une réglementation efficace. M. Gold a invoqué à cet égard le modèle norvégien.

M. Gold s'est interrogé sur l'efficacité d'un organisme international comme l'OMI, qui met en moyenne de sept à dix ans pour établir des normes atteignant le plus petit dénominateur commun en matière de sécurité maritime. Ces normes peuvent servir de guide, mais elles sont insuffisantes pour le forage dans l'environnement canadien dont les conditions sont uniques, et pour lequel des normes particulières doivent être établies. Bien que le fonctionnement de l'OMI s'améliore, on s'interroge sur sa compétence en matière de MODU et ce problème doit être résolu. En outre, le comité sur la sécurité maritime de l'OMI, qui est formé en grande partie de représentants norvégiens, a tendance à être influencé par les pressions qu'exercent l'industrie navale, l'industrie pétrolière et les assureurs. En outre, M. Gold a soulevé la question de l'application des normes de l'OMI. Il a déclaré qu'aussi longtemps que les installations de forage seront assujetties à l'État du pavillon et à l'État riverain, les normes ne seront pas appliquées parce que de nombreuses installations de forage n'ont pas encore de pays d'immatriculation.

M. Manum a répondu à l'allusion selon laquelle l'OMI n'établissait que des normes minimales, en déclarant que ces normes sont valables parce qu'elles servent de point de départ à l'élaboration de normes plus poussées. Des améliorations doivent effectivement être apportées au Code MODU, et c'est là le principal objectif de l'OMI à l'heure actuelle. M. Manum ne croit pas que l'application soit un problème majeur, puisque la plupart des États riverains appliquent une réglementation qui excède généralement la régie portuaire normale. En outre, les certificats de conformité constituent un mode de contrôle qui permet d'effectuer beaucoup plus rapidement les vérifications des installations de forage.

M. I. Townsend Gault (École de droit de Dalhousie) a fait une mise en garde concernant l'application des modèles norvégien, britannique et australien de réglementation offshore au Canada, parce que ces réglementations ont été élaborées en fonction d'un contexte politique et économique particulier, qui ne correspond pas nécessairement à celui du Canada.

De l'avis de M. Townsend Gault, la déréglementation de l'industrie offshore est prématurée. Personne ne s'est encore penché sur l'efficacité de la réglementation, qui a actuellement tendance à être centrée sur la qualité des machines et non sur l'utilisation de celles-ci par des personnes. Tant que l'on n'aura pas défini avec précision ce sur quoi on souhaite mettre l'accent, on ne pourra ni alléger, ni renforcer la réglementation.

Autre sujet de préoccupation pour M. Townsend Gault: la valeur juridique de règles non sanctionnées, qui sont parfois

incompatibles avec la réglementation existante. Il s'est dit en désaccord avec la révocation du permis de l'exploitant comme sanction ultime; il serait plus approprié, selon lui, de «resserrer» et de mettre à jour l'ensemble de la réglementation actuelle en évitant de créer parallèlement, de toute urgence, de nombreux nouveaux règlements, par réaction à la tragédie de l'*Ocean Ranger*.

Un autre problème important aux yeux de M. Townsend Gault, est l'inexistence d'un droit pénal concernant l'industrie offshore au Canada. M. Townsend Gault reproche au gouvernement fédéral son indifférence à cet égard. Il a constaté que la réglementation s'adapte toujours très lentement aux situations nouvelles, mais qu'il est possible et souhaitable d'accélérer le processus. Il a souligné en outre les difficultés qu'éprouvent les exploitants à se conformer aux exigences de l'État du pavillon qui, bien souvent, ne sont pas compatibles avec celles de l'État riverain. Il a mentionné une proposition de la Convention du droit de la mer et des États-Unis visant à consacrer la suprématie de l'État riverain par rapport à l'État du pavillon. À son avis, le Canada devrait étudier la question.

M. Letalik a déploré le fait que l'industrie offshore ne tire pas de leçon des événements et ne prenne pas de mesures appropriées pour modifier son organisation. Il a cité l'exemple de l'industrie nipponne de l'automobile qui, dans le but d'obtenir un meilleur contrôle de la qualité, a réduit le nombre d'échelons administratifs, de manière que la mise en application des changements apportés aux méthodes de production se fasse sans qu'il y ait un écart trop grand entre les exécutants et les décideurs. Il s'est demandé si les compagnies pétrolières, de même que l'ensemble de l'industrie pétrolière, avaient déjà étudié cette possibilité.

M. C. Bonke (Association pétrolière du Canada, Division des exploitants offshore) a signalé que l'industrie pétrolière dans son ensemble s'était engagée résolument sur la voie de la sécurité, et que chaque société pétrolière mettait cet engagement en application au sein de sa propre organisation. Il a ajouté que la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada a été formée dernièrement en réaction aux nouvelles circonstances; son mandat consiste à favoriser un rapprochement entre l'équipe de direction et l'équipe de production. M. McIntoch a convenu du fait que partout l'industrie offshore analyse et évalue constamment les programmes et les mesures de sécurité, des séminaires sont tenus sur le sujet, les méthodes de formation sont améliorées et la sécurité est une préoccupation majeure pour tous.

M. Manum a signalé que la Norvège est sur le point d'adopter de nouveaux règlements sur les systèmes de régie interne, qui visent à faire en sorte que la haute direction de la compagnie ne soit pas trop coupée de la production dans l'organigramme de la compagnie.

M. K. Oakley (Association pétrolière du Canada, Division des exploitants offshore) a passé en revue les politiques officielles de l'industrie offshore sur la sécurité, ainsi que les mesures prises, bien souvent en consultation avec le gouvernement, pour améliorer la sécurité. Bien que l'industrie offshore approuve la certification par la Garde côtière canadienne du personnel maritime, elle croit que les normes et les certificats s'appliquant au personnel des installations offshore qui n'est actuellement pas concerné par ces règlements, devrait relever de l'industrie offshore, sous réserve de vérifications et de suggestions de la part du gouvernement. Les exploitants et les entrepreneurs de forage ont déjà établi conjointement des critères et des normes de formation professionnelle concernant le personnel des MODU. M. Oakley a fait remarquer que le service de formation du personnel de l'industrie pétrolière, qui est financé par l'industrie pétrolière, pourrait s'acquitter de cette tâche.

M. Oakley a rappelé à l'assistance que l'industrie offshore sur la côte est du Canada est toujours au stade de l'exploration et qu'il est difficile de prévoir ce que réserve l'avenir dans ce domaine. Parce qu'il y a actuellement douze unités offshore en activité dans la région, l'Association pétrolière du Canada ne croit pas que l'usage d'un navire polyvalent de recherches et sauvetage soit la solution au problème de sécurité. L'industrie offshore pense que des navires de soutien et de service munis de l'équipement et du personnel nécessaires et des hélicoptères spéciaux dont les services seraient retenus par adjudication, lui permettraient d'atteindre plus efficacement les objectifs de sécurité maximale de ses activités. M. Oakley a souligné que l'industrie offshore préférerait de beaucoup un système de financement par l'usager, avec techniciens SAR ayant reçu une formation complète, qui serait exploité par le gouvernement. D'après lui, il a existé et il existe toujours une collaboration active entre l'industrie offshore et le gouvernement, et il a mentionné le comité de formation de création récente qui comprend des représentants des gouvernements du Canada, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, ainsi que de l'industrie pétrolière. Il a mentionné également la coopération constante qui existe entre les exploitants eux-mêmes, qui se réunissent régulièrement pour améliorer l'équipement de sécurité, les communications, la formation et les moyens logistiques.

Le président de séance, M. J.E. Hodgetts, a conclu les discussions en soulignant le fait que les participants n'ont pas discuté du rôle des entrepreneurs de forage par rapport aux systèmes et aux processus dont il a été question, d'autant plus que ce sont eux qui semblent avoir la plus large part dans l'application même de la réglementation.

6

CONCLUSION

CONCLUSION

INTRODUCTION

Pour clôre la Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada, on a demandé au président de chacune des quatre séances techniques de souligner les principaux points abordés dans leur domaine respectif au cours de la Conférence. Ces récapitulations ont été suivies d'une dernière séance plénière de discussion.

Suite aux allocutions de clôture du président de la Conférence, le D' O.M. Solandt, et du président de la Commission royale, l'honorable juge en chef T.A. Hickman, la fin de la Conférence fut officiellement proclamée.

R.A. Hemstock, ing.
Président élu
Conseil canadien des ingénieurs
Président
Deuxième séance
Environnement et conception

ALLOCUTION – SYNTHÈSE

Nous voilà maintenant arrivés à la fin d'une conférence qui a réuni divers experts chargés d'étudier les facteurs qui touchent à la sécurité des hommes et de l'équipement en mer. J'espère que les discussions qui ont eu lieu vous ont été utiles et je crois que le seul fait d'avoir pu rassembler ce groupe de personnes aura été en lui-même très profitable.

Les sujets présentés à la Conférence ont été traités dans un ordre logique. Le premier jour, nous avons discuté des facteurs environnementaux d'importance capitale et de leur incidence sur la conception, ainsi que des principes qui président à leur mise en application. Nous avons aussi parlé des systèmes critiques et de la continuité de la responsabilité technique. En tant qu'ingénieur, je pense que les membres de ma profession doivent assumer plus de responsabilités qu'ils ne l'ont fait dans le passé. Les facteurs dont il est question sont étroitement liés à notre connaissance de l'environnement et à notre aptitude à concevoir les machines qui conviennent. On nous a ensuite fourni une description très lucide de la compétence exigée de l'opérateur en ce qui a trait aux systèmes. Dans les exposés sur l'organisation et la gestion, on nous a décrit la capacité des hommes à travailler avec les machines et c'est à ce mement que m'est venue une idée sur laquelle je reviendrai plus tard. Ont suivi des entretiens sur l'abandon et la survie, ainsi que sur les opérations de recherche appliquées au sauvetage ou, en d'autres mots, à notre capacité à réagir aux situations d'urgence. Finalement, nous avons écouté ce matin les commentaires de quatre personnes sur la réglementation.

Je suis d'accord sur nombre des points soulevés par M. Gordon Harrison dans son exposé intitulé Perspectives de la sécurité et vous incite fortement à vous y arrêter. Il y souligne que nous possédons déjà une bonne connaissance des facteurs d'ordre environnemental, de la sélection des critères de conception, des facteurs de sécurité, des qualifications des concepteurs, et ainsi de suite. En gros, ce qui ressort, c'est que notre technologie est suffisamment avancée et qu'elle n'est généralement pas la cause de l'échec. Cela ne signifie pas que nous devons réduire nos efforts pour améliorer les données sur l'environnement; nous ne devons certes pas non plus abaisser nos critères de conception. À mon avis, cela veut dire que nous pourrions nous tourner vers d'autres secteurs pour que des progrès sensibles soient réalisés en matière de sécurité.

À ce sujet, je pourrais peut-être énumérer sommairement les facteurs qui me semblent primordiaux. Tout d'abord, une défaillance sur le plan de la sécurité est chose courante même dans la société la plus avancée et la plus réglementée qui soit. Dans la plupart des cas, la cause d'un échec n'est pas le manque de connais-

sances techniques mais plutôt le manque de communication et de continuité et une gestion déficiente. Autrement dit, il semble y avoir des lacunes dans l'interaction des éléments humains qui sont en cause. Sur le plan de l'interaction de l'homme et de la machine, nous devons admettre que dans les situations urgentes, la capacité d'une personne à exécuter les tâches même les plus banales peut être réduite. Nous devons multiplier nos efforts pour nous adapter à ce facteur. Nous avons besoin aujourd'hui de méthodes plus adéquates pour traiter la masse de données recueillies en de nombreux endroits. Ces données, si elles dorment dans des dossiers qui ne peuvent être récupérés, ne seront guère utiles.

À mon avis, pour améliorer la sécurité, la formation peut constituer le moyen le plus rentable d'investir notre temps et notre argent. L'un des éléments qui est ressorti des discussions, mais je ne crois pas quelqu'un l'ait mentionné, est la question du langage de la réglementation, de la conception, de l'exploitation; en fait, l'industrie devient si complexe, le jargon y occupe une telle place, que nous ne faisons qu'accentuer nos problèmes. L'utilisation des acronymes, par exemple, est maintenant si répandue chez les ingénieurs et les bureaucrates qu'on se demande si ce n'est pas notre façon de vouloir rejoindre les avocats dont le langage est devenu presque incompréhensible avec ses mots compliqués et ses «attendu que» assaisonnés ici et là de mots latins qui n'ont rien pour rendre une phrase plus transparente. Nous en sommes là nous aussi. Nous devrions recommencer à utiliser des mots simples et cesser de vouloir impressionner les gens avec notre savoir.

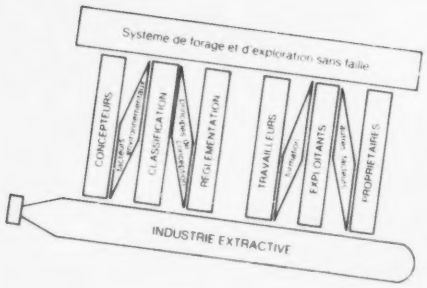


FIGURE 1 «SFESF»

En dernier lieu, je crois que nous progressons rapidement; toutefois, la technologie actuelle avance elle aussi très rapidement. Nous nous trouvons aux limites mêmes de nos territoires et de notre savoir-faire; nous ne pouvons donc cesser nos efforts. J'aimerais illustrer brièvement ce que je vous ai expliqué en vous présentant le système de forage d'exploration sans faille (SFESF).

Actuellement, le SFESF prend de la gîte suite à des incidents comme celui de l'*Ocean Ranger*. Peut-être une partie du lest se trouve-t-elle dans les mauvais réservoirs et peut-être y a-t-il certaines pressions politiques publiques et extérieures bien illustrées par cette réaction du vent. Le principal appui du SFESF provient des pontons inférieurs, qui sont représentés par l'industrie extractive; les colonnes sont représentées par les concepteurs et le personnel chargé de la classification, les responsables de la réglementation, les travailleurs, les exploitants et les propriétaires. Nous renforçons la structure avec la connaissance de l'environnement, les principes de conception, la formation et ainsi de suite.

Un exposé très savant nous a appris que les points les plus vulnérables d'une telle structure se situent aux jonctions des divers membres. Ces derniers pris individuellement, sont suffisamment solides, mais il faut continuer à les améliorer. Le problème principal se trouve au niveau des joints où sont concentrées les contraintes. Ces joints ou raccordements principaux correspondent aux divers gens et organismes intéressés; c'est ici, bien sûr, que surviennent les problèmes de communication. Le meilleur moyen d'améliorer la situation est d'examiner ces jonctions afin d'assurer de meilleures communications et un meilleur transfert de force (information); nous devons renforcer le réseau de joints (communications) pour arriver à une meilleure gestion. Voilà l'un des points que M. Gordon Harrison voulait faire ressortir.

G.M. MacNabb
Président
Sciences naturelles et génie
Conseil de recherche
Président
Troisième séance
Interaction de l'homme et de la machine

ALLOCUTION – SYNTHÈSE

La séance de mardi matin qui portait sur l'interaction de l'homme et de la machine a été extrêmement intéressante. La première partie avait trait à la compétence des opérateurs par rapport à la technologie des systèmes critiques; je suis arrivé à la conférence convaincu qu'on y parlerait des problèmes relatifs à la capacité de l'homme à accepter et à maîtriser la technologie, sujet fort à la mode. Je croyais également que nous parlerions des préoccupations qu'inspire le surplus d'information ou encore des problèmes des opérateurs qui bombardés d'une telle quantité d'information, ont de la difficulté à faire les bons choix. Les discussions ont toutefois porté sur d'autres sujets, bien qu'on ait exprimé une certaine inquiétude, à l'égard de ce qu'on a qualifié de «stupide technologie» et du danger de la formation à répétition menant à une trop grande assurance.

M. Foley a illustré par des graphiques les failles de conception que l'on peut constater dans la vie de tous les jours et je suis certain que chacun d'entre nous s'est déjà senti frustré devant le manque de sens commun qu'ils révèlent. Le Dr Haakonson a parlé du nombre accru d'emplois où, le travailleur doit supporter de longues périodes d'ennui, entrecoupées de courtes périodes de terreur totale. Avec la technologie, maintes professions s'acheminent malheureusement de plus en plus dans cette direction. La suffisance et l'ennui, voilà les risques croissants que fait peser sur nous la technologie. Comme l'a affirmé l'un des participants à mon atelier, nous devons «porter attention aux incidents afin d'éviter qu'ils ne dégénèrent en accidents». La technologie nous rend sûrs de nous à un point tel que nous ne sommes pas suffisamment vigilants face aux incidents.

Ma réaction face à cette partie de la séance portant sur le savoir-faire de l'opérateur, est que, d'une part, on s'est inquiété de l'omniprésence de la technologie et de la simplification trop grande des tâches, mais que d'autre part, on n'a fait aucune mention du fait que nous ayons atteint cette étape des rapports entre l'homme et la machine dans le secteur offshore. Cela m'amène à conclure sur le sujet et je dois faire ici des comparaisons avec les industries de pointe et l'industrie nucléaire. J'ai vu d'excellentes applications de haute technologie en mer, p. ex. transport sur place d'une installation de forage et maintien au-dessus du puits, et opérations de diagraphie et d'interprétation. Je n'ai pas entendu parler d'une augmentation importante de l'utilisation de la technologie de pointe dans l'opération de forage elle-même sur la plate-forme, de l'emploi de la haute technologie de façon optimale. Je n'ai pas dit maximale, mais bien optimale.

Permettez-moi de prendre un exemple extrême pour faire ma comparaison. Dans le cas d'une plate-forme, il s'agit d'actionner les obturateurs anti-éruption.

Le problème pourrait se comparer à celui de la perte du fluide de refroidissement pour une centrale nucléaire.

Sans qu'il y ait intervention humaine, le système de refroidissement d'urgence du coeur est activé par une machine et la centrale s'arrête grâce à une machine. Il n'y a aucune prise en charge par les opérateurs. Nous avons tous observé les navettes spatiales s'abaisser aux deux dernières secondes et la machine cesser de fonctionner sans qu'un seul bouton n'ait été poussé, suite au mauvais fonctionnement d'un dispositif relativement mineur de l'ensemble. Ainsi, lorsqu'on fait ces comparaisons, vous devinez ma confusion face à un cas comme celui où la pression de la boue d'un puits en forage diminue et que le risque d'éruption s'accentue; il n'y a aucun écran commandé électroniquement ni action mécanique de la machine pour mettre en marche les obturateurs anti-éruption, même pas 10 secondes pour permettre une intervention manuelle. La question que je pose à mes savants confrères est la suivante: pourquoi pas? Étant donné les conséquences, tant humaines qu'environnementales, de tels problèmes susceptibles de survenir lors d'opérations de forage, pourquoi s'acharner à compter sur l'intervention de l'opérateur dans un tel moment? Ne laissons-nous pas la porte ouverte aux conséquences évidentes des «fixations» ou du «blocage conscient» des hommes, lesquels sont des comportements très vraisemblables dans une situation de stress extrême? Il est évident que l'opérateur croit qu'une telle complication ne peut se présenter ou qu'on pourra la régler à temps.

M. Hielm, qui faisait partie de mon atelier, explique ces problèmes par la trop grande confiance des gens, ou leur tendance à adapter la solution à la situation plutôt que la situation à la solution. Nos machines modernes sont pourtant capables de relier les situations aux solutions et d'offrir des solutions très rapidement à l'homme. Alors, pourquoi ne pas se servir de la technologie actuelle pour analyser une situation et proposer une situation convenant à cette opération très critique?

L'exploration offshore fait appel à deux secteurs très intéressants de l'économie: l'industrie maritime avec son histoire et sa tradition, dont les périls font partie intégrante du travail, laquelle, en outre, fait preuve d'un certain fatalisme, comme l'a mentionné hier l'un des orateurs; et l'industrie pétrolière, beaucoup plus jeune, qui affiche un sens du défi et un fort degré d'individualisme qui ne sont pas étrangers à l'éloignement de son théâtre d'opération. J'imagine qu'il y a eu de nombreuses études sur ce mélange de nos héritages dans l'industrie offshore. Il semble bien que nous jouions ici sur le plan des émotions et que nous soyons loin d'un réel équilibre. C'est pourquoi, en ce qui concerne la première partie de la séance, je doute que l'industrie offshore ait su tirer profit de l'avance rapide de la technologie, de façon optimale et sous tous les rapports.

La deuxième partie de la séance traitait de l'organisation et de la gestion. Dans son document, M. McGrath exprimait une certaine satisfaction face aux structures d'organisation et de gestion existantes; il a toutefois insisté sur certains points, par exemple, «il devrait y avoir une personne en charge en tout temps». Il semblerait qu'il y a des situations où ce n'est pas le cas et il semblerait également que certains représentants de l'industrie s'en défendent en alléguant que le changement de direction se fait suivant une procédure de transfert confirmée par une signature officielle. Dans des circonstances normales, on peut admettre une telle procédure mais, nul doute qu'en cas d'urgence – particulièrement lorsque les objectifs peuvent différer quelque peu – la même situation est inacceptable. Je me suis rendu compte qu'on était fortement en faveur du principe voulant qu'il n'y ait qu'un seul maître à bord en tout temps.

Dans son document, M. McGrath a également amorcé une discussion sur le manque d'exigences officielles relatives à la compétence requise pour occuper les postes clés à bord d'une installation de forage. Pour un non initié comme moi, cette lacune m'a renversé. On a beaucoup parlé de la nature hostile de l'environ-

nement dans le cadre duquel l'industrie doit travailler et, malgré cela, nous n'avons adopté aucune norme de formation applicable à ceux qui y travaillent. J'ai senti ici que tous admettaient que l'attestation professionnelle par une seule autorité était essentielle; j'espère fortement que tous les paliers de politique feront en sorte de rendre cette chose possible.

Pour en revenir à l'interaction de l'homme et de la machine, nous avons la chance, au pays, d'utiliser une technologie moderne. Le Canada, par exemple, fait figure de chef dans les techniques de simulation. Nous y faisons largement appel, bien sûr, dans la formation du personnel naviguant; on perfectionne actuellement les simulateurs pour les petits avions afin de réduire les heures de vol. J'ai entendu l'argument selon lequel chaque installation de forage est différente; cependant, les simulateurs peuvent au moins nous permettre de mieux connaître l'appareil de forage ou la salle de contrôle des ballasts; voilà sans aucun doute un élément dont nous devrions tenir compte dans le processus de certification.

Voici une dernière observation au sujet des discussions qui ont eu lieu lors de mon atelier et qui porte sur la question des systèmes de présentation de comptes rendus des accidents ou des incidents. Dans son exposé, M. McGrath affirmait que le compte rendu d'incidents est dans une phase de transition et est soumis au jugement individuel en raison du manque de précision sur le type d'incidents qui doit être signalé. On prévoit un jour corriger cette lacune. Cette affirmation est à mettre en corrélation avec l'avertissement que nous avait servi auparavant le Dr Haakonson lors de ce même atelier: il faut porter attention aux incidents pour ne pas qu'ils dégénèrent en accidents. Il est évident qu'il faut faire quelque chose dans ce domaine. Je dois une fois de plus faire une comparaison avec l'industrie nucléaire où tous les incidents doivent être signalés et où rien ne doit être laissé au jugement personnel. Les accidents ou les incidents peuvent être graves, ou insignifiants; ils peuvent toucher la composante nucléaire de l'opération ou la composante non nucléaire, mais ils doivent être signalés. Cette procédure permet de tenir un registre essentiel de ce qui se passe. À mon avis, la discussion a permis de mettre en évidence la nécessité de prendre des mesures à cet égard.

En dernier lieu, M. le président, si je peux me permettre de m'exprimer en qualité de président du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie, je dois dire que nous avons mis sur pied des programmes très dynamiques en vue de promouvoir la recherche et que nous avons accru notre effort en ce sens tant dans les milieux industriel qu'universitaire. Nous avons récemment lancé des programmes qui ont reçu un accueil plus que favorable de la part de l'industrie de pointe, de l'industrie forestière et même, de l'industrie minière. J'attends toutefois encore une réaction de l'industrie pétrolière. J'aurais cru obtenir une réaction de Memorial et d'autres endroits qui ont fait leur marque dans les domaines technique et technologique avancés. Je n'ai rien vu sinon un terrain très fertile pour la recherche et le développement, et je me permets d'être en désaccord total avec le commentaire qui a été fait ce matin selon lequel les accidents dont nous avons entendu parler n'auraient pu être évités par des moyens techniques avancés et que la seule chose dont nous ayons besoin est une formation plus poussée. Ce n'est pas une question de l'un ou de l'autre. C'est une question des deux.

A.J. Mooradian
Vice-président principal
Énergie atomique du Canada Ltée
Président
Quatrième séance
Les situations d'urgence

ALLOCUTIONS – SYNTHÈSE

Mes commentaires porteront d'abord très brièvement sur la séance que j'ai présidée puis sur certains points importants de la Conférence dont j'aimerais faire une récapitulation générale. Vous avez écouté divers experts dont les connaissances sur le sujet traité sont étendues, poussées et approfondies; peut-être serez-vous intéressé d'entendre l'avis de quelqu'un de l'extérieur. Mon expérience professionnelle porte sur le développement de l'industrie nucléaire et non sur la réglementation nucléaire. Vous voudrez bien ne pas perdre cet aspect de vue pendant mon exposé.

Tout d'abord, sur la question de l'evacuation et de la survie, nous avons appris qu'il y avait place à beaucoup d'améliorations; il s'agit en outre d'un milieu extrêmement hostile qui nécessitera probablement un effort concerté. De bons exemples et des méthodes appropriées sur la façon d'aborder le problème nous ont été présentés; mais nous avons en même temps été informés des types institutionnels de contraintes possibles ainsi que des pressions sur le plan de la concurrence, lesquelles influent sur le désir d'aller de l'avant. Toutefois, ce ne sont pas là des facteurs susceptibles de restreindre réellement l'action, car j'ai senti partout un désir sincère de prendre des mesures pour améliorer ce secteur.

Comment la technologie peut-elle nous aider? J'aimerais m'adresser plus particulièrement aux commissaires pour traiter d'un sujet que je connais bien. Je ne suis pas, bien sûr, le technologue le plus brillant au Canada, mais je peux quand même affirmer que la technologie est un secteur exigeant. Nos amis les avocats placent de très grands espoirs en nous; ils croient que nous pouvons presque tout réussir avec la science et la technologie, que tout ce qu'il y a à faire pour arriver aux résultats escomptés, c'est d'aller chercher les ressources, de déployer les efforts nécessaires et de libérer cette énorme capacité intellectuelle. C'est une illusion que de croire que la science avance très rapidement, que les innovations fusent de toutes parts. La science et la technologie, particulièrement dans les domaines conservateurs comme ceux dont il est ici question, sont des secteurs exigeants, pénibles. D'après moi, pour concevoir une nouvelle embarcation de sauvetage, il faudra des efforts énormes; ce n'est pas un simple jeu international de quelque 100 000 $. C'est une entreprise de plusieurs millions de dollars, étalée sur plusieurs années, qui exigera de multiples essais, répétés, sur place, et l'agrément à chaque étape, même si la solution proposée n'est que technique. Ce secteur mérite qu'on y accorde toute l'attention nécessaire, et nul doute qu'il réagira favorablement. Mais il ne faudrait pas penser que la tâche à accomplir est simple. C'est un travail très important, aussi important que les petits réacteurs. Il est facile

de construire une centrale électrique, mais c'est autre chose que d'en installer une dans une automobile.

En ce qui concerne l'aspect sauvetage, nous avons aussi appris que les facteurs en jeu se situent plus sur le plan humain que technologique et que la majorité des techniques en place exigent une part d'organisation. Voilà tout ce que j'avais à dire au sujet de la séance que j'ai présidée.

J'aimerais ajouter quelques mots sur ma perception de la Conférence dans son ensemble. J'aimerais commencer par l'exposé de l'orateur principal. Celui-ci a soulevé deux points en particulier qui me causent certaines difficultés. Le premier point porte sur le fait que, selon lui, seul le secteur privé peut accomplir cette tâche. Par mon travail, j'ai autant d'échanges avec le secteur privé, qu'avec le secteur public et le monde universitaire; personne n'a le monopole de la responsabilité, personne n'a le monopole de la motivation ou de l'imputabilité, et personne n'a le monopole de la capacité de réagir de façon appropriée. En fait, il faut une combinaison de tous ces éléments. C'est d'ailleurs ce type de situation que nous sommes les plus susceptibles de rencontrer. Il est inutile de les isoler les uns des autres.

Le deuxième point sur lequel je suis en désaccord est le traitement de l'imputabilité. Selon moi, les administrateurs ou dirigeants principaux échouent avec la même régularité que les autres. En fait, dans certains milieux, ils échouent encore plus vite. Les administrateurs principaux ne sont pas absolument infaillibles; c'est pourquoi un administrateur principal pleinement responsable peut certainement conduire une entreprise à la catastrophe, en toute bonne foi: cela n'en reste pas moins une catastrophe. L'imputabilité est un élément qui a fait ses preuves et qui constitue un important aspect de la gestion. Le principe de l'imputabilité fonctionne en autant que les gens responsables peuvent réagir à quelque chose, ou peuvent être tenus responsables de quelque chose. Ils ont besoin de signaux, et une part de la difficulté de la création d'un système de sécurité réside dans l'élaboration de ces mécanismes d'alerte.

Je pense que l'industrie pétrolière présente un problème particulier en raison des deux mondes qui s'y côtoient, le monde du forage et le monde maritime. Le monde maritime a plus de mille ans; devant les catastrophes où la vie de dizaines, de vingtaines et, peut-être, de centaines de gens est en jeu à la suite d'une erreur, il réagit en fonction de ses traditions empreintes d'un profond conservatisme. Le monde du forage n'est pas moins responsable, mais il a grandi dans un régime différent. C'est en effet un régime de production, un régime industriel. Dans l'industrie nucléaire, nous examinons chaque incident pour arriver à le comprendre. Nous ne fermons pas notre centrale, mais nous l'étudions jusqu'à ce que nous en ayons bien saisi toutes les facettes et nous travaillons dans une zone de sécurité déterminée par l'administration. La sécurité étant assurée de façon permanente à l'intérieur de cette zone, nous pouvons alors nous concentrer sur notre propre sécurité.

Si vous ne portez pas attention aux incidents mineurs, vous n'obtenez pas ce type de dialogue tout au long d'une opération. C'est une sorte de dynamique permanente et tous ont un but en commun: les exploitants, les propriétaires et les travailleurs veulent tous une centrale qui soit un endroit sûr. Ce n'est pas si difficile que cela. Dans le cours de l'établissement des règlements, vous devez inciter les gens à rendre compte et faire en sorte que ce soit une tâche facile et non punitive.

Dans l'industrie nucléaire, je crois que l'attitude la plus importante que nous ayons adoptée face à la sécurité est l'humilité. Il est primordial de connaître les limites de ses connaissances. On peut alors évaluer les incidents mineurs et tirer de leur analyse le maximum d'avantages au point de vue des attitudes.

J.E. Hodgetts
Professeur émérite
Université de Toronto
Président
Cinquième séance
La réglementation

ALLOCUTION – SYNTHÈSE

On nous a demandé, à titre de présidents, de jeter un dernier regard pénétrant sur les délibérations. Pour ma part, chacune de ces séances a largement confirmé l'une de mes premières impressions, voulant que le domaine très particulier de l'exploration pétrolière en mer soit l'un des plus complexes pour lesquels des dispositions d'ordre public, en ce qui a trait à la sécurité, doivent être prises. Mon regard, en tant que spécialiste des sciences sociales, s'est donc fixé sur les rapports entre l'ingénieur et le scientifique, dans la mesure où la technique et l'environnement étaient confrontés, et j'ai constaté que le grand besoin qu'éprouve le scientifique d'accumuler des données de plus en plus précises s'oppose invariablement à la demande ponctuelle de l'ingénieur, qui doit s'appuyer sur des faits incontestables.

Comme je suis particulièrement intéressé par la réglementation, je m'interroge sur la pertinence de ces antagonismes par rapport à la politique de réglementation. Les ingénieurs semblent avoir le sentiment que la tendance des scientifiques à demander de plus en plus de recherches et de plus en plus de données, peut amener ceux qui sont chargés d'établir la réglementation à surévaluer les risques, parce qu'ils s'inquiètent des conséquences d'un éventuel événement majeur, comme par exemple la vague de 100 ans ou le vent de 100 ans. Voilà l'une des inquiétudes qui ressortent des discussions de ce matin au sujet de la réglementation.

Au cours de la séance sur l'interaction de l'homme et de la machine, une autre opposition s'est fait jour entre deux écoles de pensée dans le domaine technique: l'une établit une distinction entre le travail de l'homme et celui de la machine, l'autre ne fait pas cette distinction. Une fois de plus, je ne vois pas quelle est l'incidence de cette opposition sur la politique de réglementation. Elle est peut-être à l'origine de l'affirmation voulant qu'aucune réglementation n'est à l'épreuve de la faiblesse humaine. Néanmoins, il n'est pas certain qu'une réglementation concernant la machine, ses éléments et les conditions requises, permettent de surmonter ces faiblesses. C'est de cela qu'il s'agit en fait lorsqu'il est question de la capacité de la machine à réduire l'écart de compétence qui résulte des limites humaines.

Dans le même ordre d'idée, si notre attention se déplace pour passer de l'homme en tant qu'humain à l'homme en tant que rouage à l'intérieur d'un système de production, nous devons nous pencher sur la structure de gestion de l'entreprise, qui comporte des règles ou des normes de rendement et de compétence du personnel-clé de gestion, partant du principe que ces critères améliorent

en retour la productivité. Ce n'est probablement qu'une façon maladroite de soulever la question de la relation existant entre la formation et la réglementation, ainsi qu'une autre question, celle de la possibilité de vérifier si l'on se conforme à quelque réglementation que ce soit en ce sens. En outre, il faut soulever la question à savoir qui, de l'exploitant, de l'industrie pétrolière ou du gouvernement, aurait la responsabilité d'imposer ces normes, au nom de l'insaisissable «intérêt public», auquel personne n'a fait allusion au cours de cette conférence.

Vers la fin de la troisième séance, la discussion est devenue très animée et on a soulevé la question des priorités conflictuelles sur une unité de forage en raison des différences de perception qui existent entre l'exploitant, l'entrepreneur et celui qui élabore la réglementation, et on s'est interrogé quant aux conséquences de ces conflits sur les réactions de l'équipage. J'associe cette question à l'explosion révélatrice et spontanée soulevée par le terme apparemment redoutable de «syndicat», mentionné ce matin lors de la discussion à savoir si les syndicats ont participé de quelque façon que ce soit à cette conférence. Une autre façon de présenter la chose, en évitant l'apparente menace contenue dans ce mot, consisterait à se demander si les travailleurs ont un quelconque apport à la réglementation.

Pendant la quatrième séance, j'ai perçu la tension ou les frustrations que ressent l'ingénieur devant la réglementation, en particulier la réglementation internationale. Pourtant, d'après ma compréhension de la discussion au sujet des embarcations de sauvetage et de l'application de techniques plus innovatrices, il ressort, qu'à moins d'en arriver à une entente internationale pour réglementer cette question, l'industrie pétrolière n'aura pas la motivation qu'il faut pour engager des fonds dans ce domaine.

J'aimerais revenir en dernier lieu sur la notion d'imputabilité. En fait, ce terme a été très rarement invoqué au cours de ces séances, mais on a fait très souvent allusion à la «responsabilité». Ce dernier terme est lourd de sens et il peut être utilisé à mauvais escient à cause de ses nombreuses acceptions. J'ai entendu notamment presque tous les participants réclamer ce qu'ils appellent une plus grande responsabilité. Tous les conférenciers, du premier au dernier, ont mentionné le terme responsabilité: les représentants de l'industrie veulent une plus grande part de responsabilité, les sociétés de classification déclarent qu'elles en ont beaucoup et les organismes de réglementation n'ont pas donné leur place dans leurs revendications de cette responsabilité. Toutes ces personnes entendent le terme responsabilité dans l'un des deux sens suivants: les organismes de réglementation déclarent que leur responsabilité consiste à remplir leur devoir et à élaborer des règlements qui découlent des lois, l'industrie pétrolière dit qu'elle peut agir de façon responsable sans qu'aucun règlement ne l'y oblige, même si cela doit lui coûter très cher, et qu'elle a mis au point un programme de formation sans précédent.

Au cours de cette séance, je n'ai entendu qu'à deux reprises mentionner le terme responsabilité pris avec ce que je considère comme un minimum de sérieux. La première fois, c'était à l'occasion du rappel d'un fait historique, celui de ce pauvre ingénieur troublé qui est mort de honte parce qu'il a été tenu personnellement responsable de l'effondrement d'un pont sur le fleuve Tay. On faisait alors allusion à la notion d'imputabilité, sur laquelle nous devrions vraiment nous pencher. La deuxième mention du terme a été faite par l'exploitant d'une installation de forage qui, en parlant de cette plate-forme en haute mer, a déclaré qu'il ressentait une réelle responsabilité à l'égard du personnel et de ce qui se passait là-bas. Dans tous les autres cas, ce n'était que paroles trompeuses, qui ne sont pas plus dignes de confiance que la notion de responsabilité politique des ministres. Les ministres considèrent que leurs responsabilités leur sont conférées en vertu de notre bonne doctrine constitutionnelle. Qu'arrive-t-il alors s'ils manquent à leur devoir? Sont-ils

limogés? Démissionnent-ils? Bien sûr que non. L'opposition se retire pour panser ses blessures et espère prendre le pouvoir pour ensuite interpréter de la même manière cette notion de responsabilité.

Donc, lorsque vous acceptez vos responsabilités, êtes-vous responsable pour autant dans le vrai sens du terme? Si la responsabilité dans le sens d'imputabilité signifie vraiment quelque chose, cela signifie, ou bien que je suis responsable envers moi-même dans le sens shakespearien du terme d'«être fidèle à soi-même», et j'ajouterais d'«être fidèle à son code de déontologie professionnel», ou bien encore que l'on m'a effectivement confié une fonction et que je réponds, non pas devant moi-même, mais devant quelqu'un d'autre, de l'exécution satisfaisante de cette tâche qui m'a été imposée et que j'ai acceptée. Je suis prêt à accepter les conséquences de cet engagement s'il peut être prouvé que j'ai manqué au devoir qui m'était imposé.

Le terme «imputabilité» ou «responsabilité» utilisé dans ce sens revient simplement à une question de discipline. C'est là le coeur du problème. Les gens sont négligents parce qu'ils ne se sentent pas responsables dans ce sens du terme. Bien sûr, tous avaient des responsabilités, tous avaient des tâches à accomplir, mais qu'auraient-ils obtenu de plus s'ils avaient été authentiquement responsables? Pourquoi ces personnes se seraient-elles senties forcées de signaler l'incident si aucune pression n'était exercée sur elles pour qu'elles le fassent?

Permettez-moi de citer ici l'histoire que mon collègue de longue date et mentor, Alec Cory, raconte toujours à ses étudiants au début de leur première année d'université. C'est la meilleure façon d'illustrer ce que j'entends par être responsable et je vais terminer sur cette réflexion, parce qu'on connaît peu cette notion dans le sens où je l'entends. Un fermier fait venir chez lui un dresseur de mule. Dès son arrivée, le dresseur s'empare d'une planche et il commence à frapper la pauvre bête sur la tête. Le fermier proteste: «Quelle sorte de dresseur de mule êtes-vous donc?» Le dresseur de mule répond: «Le premier précepte du dressage des mules est qu'il faut commencer par les sensibiliser.» Voilà en quoi consiste l'imputabilité. Il faut d'abord que tous soient sensibilisés, du début à la fin du rouage et s'il y a quelque faille que ce soit dans le système, dans cette longue chaîne d'imputabilité, alors c'est l'enfer.

Résumé de la discussion générale

M. R.B. Wardlaw (CNRC) a commencé les discussions en faisant remarquer que les séances techniques de la Conférence ont permis de cerner de nombreuses lacunes dans la base de données technologiques utilisée par l'industrie offshore, et qu'il devenait évident que l'industrie n'effectuait actuellement que peu de recherche scientifique. Il en est ainsi malgré les efforts du Conseil national de recherches en vue d'instaurer un cadre qui favoriserait la recherche, soit par le financement, soit par l'appui technique. M. Wardlaw est d'avis que les responsables de la réglementation ou de la rédaction des codes devraient jouer un rôle de leader et favoriser ainsi la recherche; en effet, ces organismes ont des échanges positifs avec la communauté scientifique tant industrielle qu'universitaire.

Il a informé les participants à la Conférence du fait que le Canada avait créé un précédent à cet égard par son Code national du bâtiment qui est considéré comme l'un des codes du bâtiment les plus progressistes et les plus souples au monde. Il a été proposé que ce code et les méthodes et procédures utilisées pour le tenir à jour et assurer son exactitude servent de modèle en vue de l'établissement d'un tel système pour l'industrie offshore.

Le président de séance, M. R.A. Hemstock, a toutefois précisé que la recherche doit être amorcée par l'industrie et non le gouvernement, afin d'arriver à des résultats satisfaisants. Néanmoins, l'industrie doit pouvoir tirer profit des possibilités, des fonds et de l'appui de recherche qui lui sont offerts, ce qu'elle n'a pas fait par le passé.

La question de l'imputabilité, soit au gouvernement, soit dans l'industrie, soit sur une plate-forme, a soulevé de nombreuses questions. Citant les expériences de l'industrie nucléaire, M. A.J. Mooradian, président de séance, a décrit l'utilisation d'un «système de signaux», d'abord pour déterminer et ensuite pour régler les problèmes qui surviennent. L'industrie nucléaire traite tous les incidents comme étant graves et, par conséquent, comme devant être enregistrés et examinés, y compris les événements qui se situent bien en-dessous de l'échelle établie pour évaluer les catastrophes. Ce système de compte rendu permet d'étaler les niveaux d'imputabilité dans toute l'infrastructure d'une organisation, de l'administrateur principal au travailleur, et fournit des données qu'on peut ensuite utiliser dans la prévention des incidents qui risquent de prendre des proportions catastrophiques. Dans l'industrie offshore, où les mondes maritime et industriel se côtoient, il est impératif de faire en sorte que l'imputabilité soit intégrée de façon permanente. À cette fin, il faut établir des normes fondées sur les données déjà disponibles, et mettre sur pied un système d'information qui permette à chacun de participer à l'amélioration de l'industrie.

Le président de séance, M. J.E. Hodgetts, a avoué être en désaccord avec l'établissement d'un «système» d'imputabilité et préférer une démarche où l'imputabilité se traduirait par une opération mixte de l'industrie et des responsables de la réglementation, les deux groupes ayant une perception exacte de ce que chacun est supposé faire. Le volume des informations constituerait un aspect important de cette démarche. En plus, aucune méthode visant à assurer l'imputabilité n'est réalisable sans l'attention et la vigilance du corps législatif qui, dans notre système parlementaire, détient l'autorité suprême.

M. Norman Letalik (Programme des études océanographiques – Dalhousie) est d'avis qu'étant donné les attentes très grandes du public face à l'industrie pétrolière suite aux interventions des politiciens, celui-ci a tendance à conférer l'imputabilité au gouvernement. En conséquence, le gouvernement vise le contrôle total de toutes les facettes de l'industrie offshore, sachant que le public le tiendra responsable.

À cette proposition, M. J.E. Hodgetts a répondu que le gouvernement crée des politiques sur l'énergie et établit des sociétés d'État pour les gérer et les administrer et que, de ce fait, il se trouve carrément dans une position qui rend difficile, pour le public, de dissocier le gouvernement de la question de l'imputabilité.

M. Gold (Programme des études océanographiques – Dalhousie) croit que l'imputabilité ne devrait pas porter uniquement sur les événements qui suivent un incident; on devrait accorder une plus grande importance à l'imputabilité axée sur la prévention des incidents. Dans cet esprit, il ne semble pas adéquat de laisser en opération des installations de forage semblables à l'*Ocean Ranger*. Et pourtant, personne de l'industrie offshore, que ce soit du côté du gouvernement ou du côté de l'industrie, n'a pris la responsabilité d'interdire ces installations. Cette pratique est courante dans l'industrie aéronautique, où des séries entières d'aéronefs ont été à certains moments immobilisées jusqu'à ce que les conditions de sécurité aient été remplies.

M. T.D. Petty (ODECO Engineers, Inc.) a commenté longuement le rôle et le respect des règles dans la réalisation de plans sûrs. Il s'est reporté à l'*Ocean Ranger* qui a été construite conformément aux règles existantes mais qui a sombré dans des conditions bien moins graves que celles auxquelles elle devait pouvoir résister. Qu'un tel événement puisse arriver indique que les règles de conception et de construction ne constituent pas une assurance de sécurité suffisante, sans compter les autres lacunes (p. ex. le manque de documentation et la formation inadéquate) qui sont considérées comme ayant contribué à la perte de l'*Ocean Ranger*.

M. Petty a été très clair lorsqu'il a critiqué les règles qui ont permis la conception de l'*Ocean Ranger* qui s'est révélée une installation de forage non sécuritaire. En 1973, sur l'insistance de l'industrie, les sociétés de classification ont assoupli les critères de stabilité des semi-submersibles, ce qui a permis de réduire la marge de sécurité qui avait été en vigueur jusqu'à cette époque. Il en a résulté une trop grande dépendance vis-à-vis les gadgets, les procédures et les gens pour assurer une sécurité adéquate. En outre, les règles actuelles autorisent qu'une semi-submersible soit conçue de façon que, lorsque le KG admissible est déterminé, elle peut s'incliner jusqu'à son angle d'envahissement par les hauts dans des eaux présumées calmes. Il est vrai qu'on ne parle pas d'eaux calmes lorsqu'on a des vents de 70 ou de 100 noeuds.

L'angle d'envahissement par les hauts dans des conditions présumées calmes est habituellement de plus de 20 degrés. M. Petty a également souligné que lorsqu'une installation de forage est inclinée à 20 degrés, ce qui est toléré par les règles, il est fort peu probable qu'une équipe puisse effectuer un travail efficace, peu importe les attributs positifs de la formation pour surmonter le stress dans des conditions d'urgence. Aucun travail ne sera vraisemblablement efficace au-delà de 12 degrés.

Les règles en vigueur aujourd'hui permettent à un concepteur d'envisager divers types d'avaries avec des effets de vent de 50 noeuds seulement (encore une fois dans des eaux calmes); cela peut s'appliquer à la zone externe du plateau continental des États-Unis, à la mer du Nord du Royaume-Uni et au large des côtes canadiennes. En plus, un concepteur peut permettre que le pont soit submergé et à fleur d'eau à l'angle d'envahissement par les hauts, sans avoir besoin d'assurer que le pont soit structuralement capable de résister aux forces imposées par une houle formée par des vents de 100, de 70 et même de 50 noeuds. Cet état de chose a de graves conséquences relativement aux problèmes majeurs qui

sont déjà survenus lors du lancement des embarcations de sauvetage et avec les systèmes d'évacuation en général.

Dans un plaidoyer en vue de revoir les éléments essentiels, M. Petty a pressé la Commission royale de revenir à la marge de sécurité en vigueur avant 1973 dans la conception des installations de forage et de limiter, par la conception même, l'inclinaison admissible et les angles de gîte dans les divers cas d'avaries qui sont prévus dans les calculs de stabilité. Il a souligné que ces calculs doivent tenir compte de vitesses raisonnables du vent et des forces résultantes telles qu'elles existent dans la nature. Ces mesures pourraient augmenter la probabilité de survie de l'installation de forage et, de là, sa capacité d'absorber l'erreur humaine.

Les proposition du M. Petty ont été appuyées par M. J. Hornsby (Sécurité des navires – GCC), mais ce dernier a rappelé aux participants à la Conférence que l'application de ces propositions se traduirait par la mise au rancart de presque toutes les installations, car elles ne répondraient pas à ces normes révisées. M. Hornsby a soutenu que, tout bien considéré, c'est l'état de relâchement et l'attitude de ceux qui autorisent les opérations de forage qui sont responsables.

M. Gold a soulevé le fait qu'on ait réagi de façon hostile à la proposition de syndicalisation de l'industrie offshore, et a précisé que les expériences australiennes qui ont été citées ne se sont pas révélées de bons exemples de saine gestion et de relations de travail satisfaisantes. Il a affirmé que la main-d'oeuvre avait un rôle à jouer, qu'elle soit syndiquée ou non, et que les exemples étaient nombreux à travers le monde où les organisations ouvrières s'étaient engagées de façon responsable et efficace, particulièrement en ce qui concerne le côté sécurité de l'industrie. Voilà un aspect qui doit être examiné plus à fond, car l'industrie tolère généralement peu la critique de la part de ses employés.

M. J. Hielm (Elf Aquitaine Norge) a fait remarquer qu'en Norvège, la loi exige que les employés élisent un représentant auprès du comité de sécurité d'une installation de forage et, bien sûr, lorsqu'il y a un syndicat, ce représentant est membre du syndicat. Il est important de souligner qu'il agit comme représentant des employés et non du syndicat. Il doit connaître à fond les responsabilités et les obligations des employés en vertu de la loi. En outre, des inspections effectuées par les responsables de la réglementation comprennent des entrevues privées avec les employés, ce qui offre la possibilité aux deux parties de soulever des questions pertinentes sur la sécurité et permet des discussions libres sur les sujets qui préoccupent les employés.

M. R. Fodchuk (Shell Canada) a signalé qu'à Shell Canada, le représentant de la sécurité n'est pas choisi parmi les employés qui travaillent sur la plate-forme; il est administrativement indépendant. Cette personne rencontre les employés après un incident (p. ex. l'éruption du *Vinland* à Uniacke G-72) afin de recueillir auprès deux des commentaires utiles sur les procédures d'urgence. Le personnel de chaque installation de forage tient aussi chaque semaine une réunion qui porte sur la sécurité et tous les employés sont priés d'y assister, ce qui constitue une forme de communication. M. Fodchuk nous a également informés que Shell Canada a mis sur pied des procédures très structurées relatives au compte rendu de tous les incidents, même si ces incidents relèvent d'un sous-traitant. De plus, l'industrie tente d'éviter les écarts dans l'établissement des comptes rendus entre les exploitants et les entrepreneurs de forage par le biais d'un compte rendu normalisé adressé à la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada à Calgary.

M. J. Gow (Mobil Oil Canada) a expliqué que les comités de sécurité de Mobil se composaient de trois membres de la direction et de trois travailleurs, et que tous les travailleurs avaient la possibilité à un moment ou à un autre de faire partie du comité de sécurité. Ces comités ont pour mandat d'examiner les installations de forage respectives et de relever les lacunes du point de vue de la sécurité; ils se sont dotés d'un mécanisme de suivi afin de contrôler ces lacunes et de signaler, au ministère de la Santé et Sécurité au travail, à Terre-Neuve, les lacunes relevées, comment elles ont été corrigées et à quel moment, elles l'ont été. Mobil est fière du fait que ces comités ont été mis sur pied avant l'adoption de tout règlement à cet égard.

Dr O.M. Solandt
Président de la Conférence

ALLOCUTION DE CLÔTURE

En guise d'introduction, je vous dirai une petite pensée qu'un de mes amis avait placée sur son bureau. C'était écrit en grosses lettres «Si j'ai l'air tout mêlé, c'est tout simplement parce que je le suis.» Je savais qu'il me serait difficile de faire cette allocution de clôture mais ce n'est qu'aujourd'hui que je me rends compte à quel point la tâche est difficile. J'ai préparé mes notes hier soir mais maintenant, presque tout ce que j'avais à dire a déjà été dit au cours de la matinée. Les quelques bons mots que je gardais en réserve ont été utilisés lors de la dernière table ronde. J'essaierai tout de même de conclure. Je ne vous ferai pas une révision systématique de l'ensemble de la réunion; je ne ferai que rappeler quelques grands points, en particulier ceux sur lesquels à mon sens la Commission pourrait aimer se pencher dans l'éventualité d'y trouver matière à recommandation.

Il me semble que la Conférence a été un succès dans son ensemble. L'honorable juge en chef Hickman précisera pour vous dans sa conclusion les vues de la Commission, qui sont celles qui comptent vraiment. La Conférence avait pour but de permettre à la Commission de prendre connaissance de l'opinion d'experts et c'est ce à quoi elle a servi. Elle a dans l'ensemble donné lieu à une franche discussion. Si elle pouvait se poursuivre encore quelques jours, elle deviendrait encore plus ouverte et s'animerait davantage. Tout porte à croire que les gens commencent à se sentir plus à l'aise les uns avec les autres et qu'ils sont arrivés au point où ils pourront exprimer ce qu'ils pensent. On pourra dire que l'on a passablement misé sur les principes classiques de la sagesse et que l'on a à l'occasion caché ses positions mais, pour une conférence où il y avait tant d'intérêts différents représentés, on peut dire que tout s'est très bien déroulé.

L'exposé de M. Gordon Harrison a soulevé bien peu de réactions au début de la Conférence mais on en a fait mention à plusieurs reprises depuis. C'est bien malheureux qu'il ne soit plus ici pour nous préciser exactement ce qu'il a voulu dire, parce qu'il y a eu de nombreuses interprétations de son message. Ce que j'en ai compris en gros c'est que les voies hiérarchiques, les responsabilités et les paliers de pouvoir d'un système à ce point complexe doivent être absolument bien définis, de sorte qu'il n'y ait jamais aucun doute dans l'esprit de qui que ce soit quant à l'identité de celui qui doit donner les ordres, de sorte également que quiconque devant donner des ordres soit toujours conscient de ses responsabilités quant aux résultats.

Si on se penche maintenant sur chacune des séances, celle qui portait sur l'environnement a été intéressante et utile. Elle a mis en lumière le fait que nous avons un urgent besoin de données, que nous avons certainement besoin de plus

de précisions sur la mesure du vent, des vagues et des courants, au même moment et au même endroit et que la qualité des prévisions, particulièrement sur les Grands bancs, serait grandement améliorée si on utilisait des bouées pour obtenir plus de données d'observation météorologique. On n'en a pas parlé au cours de la séance, mais je crois qu'il vaut la peine de dire ici que bien que les prévisions et les informations météorologiques semblent adéquates pour la phase d'exploration, il sera bien important et très utile que nous ayons des données de meilleure qualité pour la phase de la production. Le besoin le plus important du point de vue de l'environnement, consisterait à faire des relevés fiables de la hauteur des vagues, remontant à 1880, mais il est peu probable que l'on fasse de tels relevés. On aurait ainsi des indices quant à la hauteur de la vague de cent ans.

On a parlé, dans certains très bons exposés sur la structure et la conception, des méthodes analytiques utilisées à la fois pour mesurer la résistance structurale générale et la durée de vie en fatigue. Il est bien évident que les concepteurs ont besoin que les environnementalistes leur donnent beaucoup plus que la hauteur de la vague de cent ans. Ils ont besoin qu'on leur communique les spectres de vagues et de l'information sur la direction des vents et les effets du vent sur la structure, de façon beaucoup plus complexe. Il a été particulièrement intéressant de noter que les experts en structure se sont trouvés en complet désaccord sur bien des points importants, ce qui prouve bien encore une fois que l'étude des structures est un art et non uniquement une science.

Comme on a pu le constater par l'étude de l'interaction entre l'information sur l'environnement et la conception structurale, la sécurité au large des côtes est un exemple classique du lien qui existe entre la science et la technique. Si on lui demandait si on en connaît assez au sujet de l'environnement au large des côtes, sur les Grands bancs, pour construire une plate-forme de forage totalement sécuritaire et fiable, un scientifique conservateur répondrait: «Non, nous n'en connaissons sûrement pas assez. Qu'on nous laisse encore trente ou quarante ans et nous aurons fait suffisamment d'observations pour vous dire quelles conditions prévoir au moment de la conception.» L'ingénieur dira: «C'est bien, mais c'est aujourd'hui que nous voulons forer. Nous allons donc commencer prudemment, d'abord en eaux calmes en utilisant toutes les connaissances scientifiques que nous pouvons obtenir. Au fur et à mesure que nous irons plus profondément et que nous ferons face à des situations plus compliquées, nous essaierons d'amener les scientifiques à pousser un peu plus leurs recherches et graduellement nous pourrons nous installer dans les secteurs les plus difficiles.»

Cette façon de procéder a assez bien fonctionné comme elle a toujours bien fonctionné dans le domaine technique; il ne faudrait donc pas la déprécier ni commencer à en douter. Ce dont nous avons besoin, c'est une collaboration accrue entre le scientifique et l'ingénieur afin que celui-là puisse axer ses recherches plus spécialement sur les points que l'ingénieur a besoin de connaître pour l'avenir. Il ne faudrait pas penser que nous sommes arrivés au bout de l'évolution des installations de forage en mer. Nous n'avons qu'à penser au défi que pose pour les ingénieurs la conception de structures de production qui serviront sur les Grands bancs et même au large des côtes du Labrador. C'est pourquoi il nous faut faire avancer aussi rapidement que nous le pouvons ce processus d'évolution, soit l'interaction entre la science et la technique. Malgré ce que j'ai dit, il est nécessaire de souligner le fait que même au large de Terre-Neuve et du Labrador, le forage en mer n'est d'aucune façon l'activité humaine la plus dangereuse. Elle est en fait relativement sécuritaire, mais on peut la rendre encore plus sûre.

Nous avons entendu des exposés très intéressants sur la relation entre l'homme et la machine et des discussions sur l'importance de l'adaptation du travail à l'opérateur et non l'inverse. C'est là quelque chose qui était nécessaire dans le cas de l'*Ocean Ranger*. Je ne suis pas certains que nous en ayons besoin main-

tenant, étant donné que je ne suis pas allé sur une plate-forme de forage récemment ou que je ne suis pas au courant des plus récentes techniques applicables aux systèmes de contrôle des ballasts, mais il n'y a certainement aucun problème à concevoir un système de contrôle des ballasts qui conviendra à l'ensemble des opérateurs. La même chose s'applique pour la plupart des travaux sur les plates-formes de forage. Ils ne se situent pas au-delà des limites des capacités de l'homme, mais on peut en améliorer grandement les performances en portant une plus grande attention à la relation entre l'homme et la machine, probablement plus encore au chapitre du lien qui existe entre l'équipage et la plate-forme dans son ensemble, et plus particulièrement dans certains domaines précis comme l'évacuation. Qu'on songe au fait qu'il faut non seulement fournir des embarcations de sauvetage ou tout autre moyen qui permettra de quitter la plate-forme, mais également qu'il faut assurer l'accès aux points d'embarquement et faciliter l'embarquement, qu'il faut décider à l'avance qui sera responsable des embarcations et qui sera chargé de donner les directives. Tout cela fait partie de l'organisation de ce que j'appellerais la relation entre l'homme et la machine, à un niveau plus élevé.

Presque tous semblaient d'accord, et ça, c'était remarquable, sur le fait que l'on n'a besoin que d'un seul chef, qu'il faut que ce soit la même personne qui soit responsable tout le temps. Dans bien des cas, il est bien évident que le responsable du forage est celui qui dirige. On n'a pu se mettre d'accord pour déterminer s'il était plus facile de former un chef de chantier de forage expérimenté pour en faire un capitaine ou l'inverse. Je suis convaincu que c'est là une question dont on parlera longtemps encore, mais entre temps, il semble bien possible que l'on puisse trouver une façon de s'assurer que le responsable est qualifié et peut devenir le chef incontesté de toute l'équipe, en tout temps. Il est bien important qu'il n'y ait pas de transition en cas d'urgence.

La discussion portant sur l'aspect matériel de l'abandon et de la survie a été très intéressante et s'est avérée rassurante dans l'ensemble. On a donc constaté que si on consacrait suffisamment d'énergie au problème – mais, comme l'a indiqué M. Mooradian, sans verser dans l'excès, sans aller au-delà des limites du possible – on pourrait en arriver à une solution satisfaisante qui pourrait être adoptée par l'ensemble en quelques années. Ce qu'il nous faut c'est une approche plus systématique du problème: il faut préciser les objectifs et les caractéristiques d'un système efficace d'abandon, analyser toutes les solutions, les faire élaborer pour pouvoir les proposer, en choisir quelques-unes et financer des gens, probablement par l'intermédiaire d'un concours, pour les y faire travailler. Il faudrait ne jamais avoir à utiliser ces mécanismes d'abandon sur une plate-forme de forage mais il faut quand même les prévoir. Il faut également que l'on sache qu'ils ont été éprouvés et qu'on peut y avoir confiance. Mes préférences vont au mécanisme d'éjection mis au point par le colonel Brooks. Je crois qu'il pourrait être très efficace et se révéler d'utilisation plus agréable que le canot de sauvetage du type à chute libre. Bien sûr, le plaisir n'est pas le critère le plus important dans le choix d'un dispositif d'évacuation.

Il a été très intéressant de constater l'unanimité au sujet des problèmes inhérents aux habits d'immersion. Ce sont là des problèmes sur lesquels il faudrait se pencher le plus rapidement possible. On ne pourra jamais les résoudre complètement mais on devrait au moins trouver de meilleures solutions assez rapidement.

Les discussions sur la recherche appliquée aux opérations de recherche et de sauvetage, se sont révélées très intéressantes. Elles ont permis d'arriver à une conclusion assez simple qui est à peu près la même que celle à laquelle le Royaume-Uni et la Norvège sont arrivés il y a quelque temps. Ainsi, on a indiqué que le système de sauvetage nécessaire pour les plates-formes de forage en mer est spécialisé et qu'un système national ordinaire de recherche et de sauvetage n'est pas conçu pour pouvoir répondre aux besoins définis et qu'il ne serait pas

sage non plus d'essayer de modifier un tel système pour essayer de répondre aux besoins déterminés. Il est de loin préférable d'ajouter au système de recherche et de sauvetage un élément spécialement conçu pour les besoins des plates-formes de forage en mer. On pourrait intégrer cet élément au système principal, de sorte qu'il pourrait être utilisé pour d'autres incidents dans le secteur et qu'il pourrait servir à seconder les équipes de sauvetage à l'oeuvre dans d'autres secteurs. Les paramètres devant servir à sa conception ont été bien définis. J'ai cru à un moment donné qu'il y avait divergence de vues quant à savoir qui allait payer pour ce système, mais il semble que l'industrie accepte, sinon de payer le système, au moins de contribuer pour une large part à son financement. Voilà ce qui me semble un problème soluble.

La Conférence nous a permis de constater que le Canada se trouve actuellement dans une excellente position pour être cité comme modèle mondial pour sa façon de traiter les activités de forage en mer et de les réglementer. Je ne veux pas dire ici que nous soyons plus fins que les autres; je crois par contre que si nous nous y mettons, nous pouvons partir du point où les autres se sont arrêtés après avoir résolu une bonne part des pires problèmes et faire les améliorations nécessaires compte tenu des conditions qui nous sont propres, politiques et climatiques. En utilisant à bon escient les circonstances, je crois que nous pouvons mettre sur pied un excellent système assez rapidement.

Vous avez entendu parler de la situation actuelle, des complexités de la structure organisationnelle, des problèmes qui existent entre les gouvernements fédéral et provinciaux, des relations qui existent entre l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada et la Garde côtière et ainsi de suite et vous savez que ces relations sont assez bonnes. Chacun est prêt à participer et à essayer de faire un bon travail. Je n'essaierai pas de formuler une solution qui me semblerait indiquée, sauf que je voudrais souligner le fait que l'expérience de la Grande-Bretagne avec l'*Offshore Installations Technical Advisory Committee* (OFINTAC) semble avoir été très bonne. On pourrait l'adopter comme modèle de structure institutionnelle pour le Canada. L'une des caractéristiques importantes de ce comité c'est qu'il est parvenu à réunir les divers experts techniques du gouvernement pour les amener à collaborer avec l'industrie et qu'il a soumis ses recommandations à un débat public. Je crois qu'une organisation de ce genre pourrait être mise sur pied non seulement pour assurer le fonctionnement d'un bon mécanisme de réglementation mais également pour assurer que le mécanisme de réglementation répond continuellement aux besoins du moment et permet de prévoir ce qui s'en vient. Pour y arriver, il faut que les chercheurs puissent indiquer aux personnes chargées de la réglementation ce qu'ils croient qui arrivera et qu'ils puissent essayer de trouver les réponses qui semblent correspondre, dans la pratique, aux améliorations.

La chose la plus importante qui puisse arriver dans un avenir rapproché, c'est la rationalisation de nos institutions de réglementation des activités offshore, dans les limites que j'ai déjà définies en gros, de sorte que le Canada puisse tirer avantage de la magnifique occasion qui se présente. J'utilise ici le terme «réglementation» très librement pour parler de contrôle. J'ai été très surpris de constater, lorsque les deux parties se sont rencontrées pour parler de la réglementation et de l'importance qu'on devait y accorder, que leurs positions n'étaient pas très éloignées. Les deux parties parlent de la même chose; il ne faudrait pas essayer de réglementer chaque détail mais certaines choses doivent être réglementées très sévèrement, et certaines autres, de façon très détaillée, alors que pour d'autres, la réglementation doit être assez souple. Je crois qu'en faisant preuve de bon sens, on arrivera à un bon résultat.

Il ne faudrait pas oublier ici que nous cherchons à rapprocher deux sous-cultures, celle du monde maritime et celle du forage en mer, qui diffèrent beaucoup

l'une de l'autre. Le monde maritime possède une longue histoire où la tradition a encore un certain rôle à jouer; et je dis un certain rôle parce que les gens que l'on rencontre aujourd'hui dans la Garde côtière ne sont pas du type des capitaines à l'ancienne mode d'il y a 50 ans. On retrouve aujourd'hui dans le monde maritime des hommes à l'esprit vif, bien informés et les perspectives de rapprochement entre les deux parties n'ont jamais été aussi bonnes. Je dis cela juste pour souligner le fait que lorsqu'un représentant de l'industrie pétrolière rencontre un capitaine, s'ils ne se comprennent pas immédiatement ce n'est pas parce que l'un des deux est stupide. Il faudrait juste qu'ils poursuivent leur entretien pour que l'on se rende compte que chacun en connaît probablement beaucoup au sujet du travail de l'autre.

Je voudrais conclure sur une note optimiste. Le Canada est au tout début d'une importante étape dans les activités offshore. Il faudrait que nous gardions un point de vue international dans ce domaine comme ce fut le cas pour la Conférence et que nous regardions nos collègues de la Norvège de la Grande-Bretagne, des États-Unis et de bien d'autres endroits dans le monde, comme des amis désireux de collaborer à une mission internationale; il ne faudrait pas que nous spécialisions nos règlements ou toute autre activité plus qu'il n'est nécessaire pour résoudre nos problèmes particuliers comme ceux que nous pose la glace par exemple. C'est ainsi que l'exploration et l'exploitation pétrolières en mer peuvent constituer l'un des domaines les plus enlevants de l'activité scientifique, professionnelle et, plus particulièrement, économique de l'Est du Canada et même, du Canada tout entier.

L'honorable T. Alexander Hickman, juge en chef Président de la Commission

ALLOCUTION DE CLÔTURE

Lorsque j'ai ouvert la Conference sur la securite au large de la côte est du Canada, j'ai formule l'espoir qu'elle donne lieu à des echanges sincères entre les participants. Or, je peux affirmer sans hesiter que mes esperances et mes attentes ont ete largement comblees grâce à la collaboration et au professionnalisme dont ont fait preuve les participants au cours des trois derniers jours. Vous avez ete invites à la Conference, non pas à titre de representants des divers secteurs de la societe mais plutôt en raison de votre experience ou de vos competences dans le domaine vital de la securite, en particulier lorsqu'on l'applique aux activites au large de la côte est du Canada. Les commentaires et questions formules par des personnes bien informees provenant de partout dans le monde ont ete directs, voire provocants, mais toujours faits avec sincerite plutôt que dans le but de susciter d'inutiles confrontations, et c'est precisément ce que la Commission attendait de vous tous.

Dès le debut des deliberations, la Commission a reconnu que pour s'acquitter convenablement de son mandat, il lui faudrait rechercher une aide internationale etant donne que bien que jeune encore lorsqu'on la compare à l'histoire de l'evolution industrielle en general, l'industrie petrolière et gazière offshore est beaucoup plus avancée ailleurs dans le monde qu'au Canada ou elle en est encore à ses premiers pas. Il est bien évident que toute recommandation qui ne prend pas en considération l'aspect international de l'industrie petrolière, ne pourrait être retenue. Nous estimons donc qu'il nous est des plus utiles d'avoir pu participer à des échanges internationaux aussi ouverts entre gens qui possèdent des connaissances et une experience aussi intimes de l'industrie petrolière et gazière offshore. J'ai reçu de nombreux commentaires des participants de même que des suggestions voulant que tous les deux ans, l'on tienne une conference du même genre dans l'un des pays representes ici. Bien que d'ici là, les travaux de la Commission seront terminés depuis longtemps, il est possible que dans l'avenir, nous considerions ce symposium international qui s'achève comme une etape petite mais importante du processus de collaboration mondiale dans ce secteur de développement industriel.

Dans les quelques mois qui suivront, la Commission etudiera à fond les excellents documents qui ont été présentés et analysera le texte des échanges spécialisés qui ont eu lieu, dans le cadre de son processus de consultation publique. Dans ce contexte, je reprends ce qui a déjà été dit aujourd'hui, à savoir que toute personne qui désire faire des observations additionnelles ou apporter des commentaires sur quelque sujet qui aurait été abordé lors de la Conference ou tout sujet qu'elle pourrait juger relié au mandat de la Commission, ne doit pas

hésiter à communiquer avec nous pour nous faire connaître son opinion.

La Commission royale d'enquête s'estime redevable envers tous ceux qui ont préparé et présenté ces excellents documents. Nous sommes également reconnaissants à ceux qui ont présidé les séances et à ceux qui ont participé à la discussion; tous ces gens nous ont assuré un contenu de qualité internationale. Je remercie également tous ceux qui ont accepté notre invitation et qui sont venus des divers coins du monde de même que d'autres parties du Canada pour participer à la Conférence; leurs commentaires et leurs interventions souvent de nature à susciter la discussion ont grandement contribué à faire de notre réunion une réussite.

Comme président général de la Conférence, le Dr Omond Solandt s'est vraiment montré à la hauteur de la tâche et je le remercie pour son excellent travail. Quant à M. Ross Peters, vice-président de la Conférence, il s'est acquitté de ses responsabilités avec le genre d'efficacité et de zèle auxquels nous a habitués notre doyen de la faculté de génie; je sais que je me fais votre porte-parole de même que celui de tous les membres de la Commission lorque je désire lui témoigner toute notre reconnaissance pour son travail et sa collaboration. Je veux également remercier M. Leslie Harris, président de l'Université Memorial de Terre-Neuve, de même que le corps professoral et le personnel de l'université y compris le personnel compétent de R. Gushue Dining Hall pour leur empressement à mettre à notre disposition les locaux et autres installations de l'université.

Je m'en voudrais de ne pas transmettre au personnel affecté à la Commission, la reconnaissance des membres de la Commission pour les longues heures de travail consacrées à la préparation de la Conférence et à la surveillance de son bon déroulement. Ce sont tous des gens fantastiques.

Mardi, j'ai souligné le travail de l'honorable Gordon Winter et du comité chargé de l'organisation de la Conférence. Leur choix de conférenciers et de participants a confirmé la confiance que nous avions mise en eux. Je les remercie encore pour leur excellent travail.

La Commission avait conclu, il y a quelque temps, qu'il était nécessaire que des représentants sérieux et bien informés de la presse assistent à nos débats, à certains moments précis, afin d'en transmettre le contenu au public. Je remercie tous les membres de la presse pour la qualité des comptes rendus qu'ils ont faits de nos délibérations. Leur participation ne nous a pas déçus.

Encore une fois, merci d'être venus. Je déclare terminée cette Conférence sur la sécurité au large de la côte est du Canada.

APPENDICES

APPENDICE A

L'ÉCHAFAUDAGE DES ENTREPRISES;
L'ÉVALUATION DES RISQUES DANS LA SAGESSE ET L'INTUITION

Larkin Kerwin
Président
Conseil national de recherches du Canada

C'est pour moi un plaisir et un honneur que de me joindre à un groupe d'éminents spécialistes engagés à fond dans l'étude de l'un des plus grands problèmes qui se posent à l'humanité: assurer la sécurité de l'homme dans des entreprises complexes. Le problème est compliqué parce qu'il ressortit à une multitude de facteurs très distincts. La solution indiquée est nécessairement un compromis; pour y arriver il faudra faire appel aux subtilités du jugement et de l'intuition. Je ne suis pas totalement familier avec votre domaine particulier d'activité mais je peux comprendre vos difficultés grâce à mon travail auprès de la Commission de contrôle de l'énergie atomique où nous ne devons autoriser que les réacteurs que nous jugeons sécuritaires et grâce à mon travail au CNR où, à la Division des recherches en bâtiment, nous menons des travaux sur la sécurité des bâtiments. C'est à travers le prisme de cette expérience que je peux apprécier vos compétences et saluer avec respect et gratitude la tenue de cette Conférence, ici à Saint-Jean.

On construira inévitablement de nouveaux réacteurs nucléaires, de nouveaux bâtiments et de nouvelles plates-formes de forage; cela signifie que l'on proposera et acceptera certainement des solutions au problème que pose la sécurité. Mais comment peut-on arriver à ces solutions? Tout d'abord, les spécialistes ont besoin de faits: des données scientifiques et techniques rigoureuses sur la résistance des matériaux, sur l'applicabilité des techniques de construction, sur les paramètres environnementaux, et sur une foule d'autres choses. Ces faits découlent de la recherche fondamentale dans le domaine scientifique. En deuxième lieu, ils ont besoin de calculs sur les divers ensembles d'éléments à partir desquels on a composé des modèles expérimentaux. On s'arrête en troisième lieu aux considérations non quantifiables tirées des domaines de la sociologie, de la psychologie et (malheureusement!) de l'économique. On arrive en quatrième lieu aux solutions intuitives regroupant tous ces éléments; parmi ces solutions, nous choisissons, toujours intuitivement, celle qui correspond le mieux aux éléments factuels fondamentaux et aux modèles que nous avons produits. L'intuition qui nous permet de trouver une solution à partir d'un si grand nombre de variables constitue elle-même un ensemble: c'est ce qu'on appelle la sagesse. Ce sont des hommes et des femmes sages qui, par un processus complexe, trouvent des solutions à nos difficultés techniques les plus importantes.

Au cours de la Conférence, vous avez étudié de nombreux facteurs appelés à faire partie de vos solutions. Permettez-moi d'analyser avec le regard admiratif d'un étranger certains de ces facteurs, afin d'illustrer le processus par lequel ils

aboutiront à la conception d'un échafaudage rationnel, à une solution reposant sur la sagesse: un réacteur sécuritaire, un bâtiment sécuritaire, une plate-forme de forage en mer sécuritaire.

L'un de ces facteurs initiaux est le risque. Les hommes qui «partent en mer à bord de navires» sont généralement perçus comme étant porteurs d'une tradition de fatalisme, comme étant prêts à accepter le risque. Mais la définition du «risque» n'est pas toujours claire, particulièrement aux yeux du grand public qui en fait parfois une question de probabilité ou de statistique.

En fait, la statistique ou la probabilité classique diffère passablement de la notion de risque. Elle comprend tout un ensemble de modèles de comportements qui sont les lois physiques. Elle découle d'un raisonnement et est fiable. Nous nous en servons pour prédire l'avenir avec une précision étonnante parce qu'elle se fonde sur un grand nombre de faits tirés du passé. Nous voyons des choses; nous resumons; nous supposons que le monde continuera de tourner comme il l'a toujours fait. Jusqu'à présent, nous ne nous sommes pas trompés.

La probabilité classique est à la base du succès de la plupart des travaux de physique et de chimie modernes – ses puissantes techniques lui permettent de discerner un modèle là où un cerveau humain non assisté se perdrait dans d'enormes quantités de données. Elle fait intervenir des quantités d'éléments interchangeables: les atomes, les molécules, les électrons. Les lois scientifiques qui en résultent sont totalement fiables. Les données sur la conductivité d'un alliage donné de cuivre ou sur la résistance à la tension d'un acier donné sont fiables parce que les éléments de cuivre ou d'acier que nous soumettons aux essais comprennent des myriades d'atomes; les statistiques obtenues sont donc excellentes. Cependant, ce qui va pour les sciences exactes ne vaut pas pour des structures installées en mer. Si nous appliquions cette approche classique, nous pourrions construire et exploiter des milliers de plates-formes en mer, pour enregistrer froidement par la suite celles qui sombrent et celles qui résistent. Nous obtiendrions vraisemblablement un nombre suffisant de rapports pour faire des prévisions fiables sur les futures plates-formes. Mais nous aurions également gaspillé de façon odieuse des sommes d'argent, des années et des vies. La force statistique brute qui convient si bien aux particules subatomiques, ne s'applique pas aux unités ou l'homme intervient ou à celles qui ne sont pas interchangeables. C'est là que l'on passe de la probabilité au risque. Nous faisons appel à notre étonnante faculté d'imaginer des situations qui n'ont jamais existé, de créer un nombre presque infini de scénarios, pour choisir parmi ces derniers celui que nous allons transposer dans la réalité. En d'autres mots, le calcul du risque avant le déroulement de l'événement nous permet de contourner l'impossibilité d'utiliser la statistique.

C'est cette faculté réservée à notre espèce qui nous a un jour permis d'aller sur la lune. Personne n'avait encore marché sur la lune quand le Président Kennedy annonça l'objectif qu'il poursuivait: il n'y avait aucune donnée classique. Pourtant, en juillet 1969, Neil Armstrong marchait sur la lune. Si cet exploit a été possible, est-ce qu'on pourrait rêver de construire des plates-formes océaniques absolument sécuritaires? Bien sûr que nous le pourrions; c'est justement pour cela que nous participons à cette conférence.

Notre second facteur serait le calcul de la rentabilité qui compte parmi ses composantes le facteur du risque calculé. Pour prévoir les coûts et les avantages, on a l'habitude de préciser les facteurs pertinents en utilisant des unités identiques, habituellement des dollars annuels fixes. On peut de cette façon voir plus facilement comment faire pencher la balance en faveur de la meilleure solution. Voici comment procédait la *Food and Drug Administration* des États-Unis qui établissait récemment un seuil de tolérance applicable à la présence de polychlorobiphényle (PCB) dans le poisson destiné à la consommation humaine. Elle a présenté ses données sous forme d'un tableau reproduit ici.

Exemple de calcul de risque en fonction de la perte de revenu.
Établissement par la *U.S. Food Drug Administration* d'un seuil de tolérance pour le PCP dans le poisson destiné à la consommation

1	2	3	(3 - 2)
Seuil de tolérance pour le PCB en parties par million	Nombre prévu de nouveaux cas de cancer par année	Perte de revenus (montant approx. en millions de dollars) (U.S.)	Coût en dollars de l'un des nouveaux cas de cancer (en millions de dollars) (U.S.)
5	46.8	0.6	12.8
2	34.3	5.7	166.0
1	21.0	16.0	762.0

Source: U.S. Office of Technology Assessment
(d'après O'Brien et Marchand, 1982)

À chaque valeur maximale proposée de PCB exprimée en parties par million, correspond un nombre annuel prévu de nouveaux cas de cancer et un coût exprimé en dollars résultant en partie des frais d'administration et de la valeur de la nourriture gaspillée. Si on compare les ensembles de données inscrites sur chaque ligne horizontale, on peut déduire une donnée dynamique: c'est-à-dire, ce qui arrive à une variable (dépendante) lorqu'une autre variable (indépendante) est modifiée. On peut constater qu'au fur et à mesure que le seuil proposé de tolérance s'élève, le nombre annuel attendu de nouveaux cas de cancer s'élève aussi; l'inverse est également vrai. Il y a un lien direct semblable entre le nombre de cas de cancer et les coûts totaux. Dans le cas qui nous intéresse, la *Food and Drug Administration* a opté pour un seuil de tolérance de 2 ppm, qui devait entraîner 34,3 nouveaux cas de cancer chaque année et des coûts annuels (en dollars constants), de 5,7 millions de dollars U.S.

Pourquoi une telle option? On pourrait trouver la réponse en divisant chaque élément qui apparaît dans la deuxième colonne par l'élément correspondant dans la troisième colonne, ce qui nous donnerait un coût par cas de cancer: le prix d'une vie. Dans la première rangée, à 5 ppm, on évalue chaque vie mise en danger à environ 13 000 dollars. C'est évidemment trop peu. À l'autre extrémité, soit 1 ppm, la valeur de chaque vie nouvellement touchée est de près de 800 000 dollars, soit un coût soixante fois plus élevé. Si on choisit l'option médiane, la valeur de la vie se chiffre à environ 166 000 dollars.

Bien que cela puisse sembler odieux, le planificateur doit souvent évaluer les vies de cette façon. Il y a toutefois des circonstances atténuantes qui rendent sa tâche moins noire qu'elle ne semble l'être. En effet, il ne juge pas les vies d'un point de vue moral ni théologique; les vies qu'il soupèse sont une abstraction. Pour emprunter à la physique, disons que ces vies sont «virtuelles» plutôt que réelles. Les vies qualifiées de virtuelles ne deviennent réalité que lorsque survient un malheur, ce que le planificateur essaie à tout prix d'éviter. Et lorsque survient un accident qu'on estime à faible risque, par exemple, un enfant qui tombe dans un puits ou un mineur qui reste emprisonné au fond d'une mine, on n'accepte pas le fait juste parce qu'il avait été prévu. Au contraire, la société mettra alors tout en oeuvre, et à grands frais, en allant bien au-delà de l'estimation initiale des coûts et des avantages, pour sauver l'enfant ou délivrer le mineur.

En langage mathématique, on parle alors «d'analyses à plusieurs variables»; en langage de tous les jours, de compromis. De façon générale, une sécurité accrue entraîne des frais accrus.

Notre troisième facteur pourrait s'appeller la «paranoïa nécessaire». Elle découle du simple fait de reconnaître la nature subtile de certains des éléments de l'analyse coûts-avantages. Parce qu'ils s'expriment en nombres et en unités, ces

calculs peuvent nous laisser une fausse impression de sécurité, comme si tout ce à quoi ils s'appliquent pouvait s'exprimer par un nombre à cinq chiffres significatifs. Mais il faut faire une distinction; les chiffres ne sont pas tous également fiables. On peu à l'aide de l'électrodynamique quantique prévoir les événements dans le domaine subatomique, avec une précision de une partie sur cent trillions; mais malheur à nous si nous croyons que les calculs de nos planificateurs sont aussi fiables. Dans le tableau sur le seuil de tolérance pour le PCB, le passage d'un élément dans la colonne 1 à un élément de la colonne 2 est complexe. Pour passer d'un seuil donné de tolérance à un nombre de cas de cancer prévus, il faut faire intervenir des données de laboratoire, des données épidémiologiques et des données démographiques, d'une façon étonnamment complexe. Pour toute évaluation quantitative du risque, il faut garder à l'esprit que rien de ce que nous produisons peut être aussi fiable que notre ensemble d'hypothèses. Les données que l'on dit indiscutables cachent trop souvent les estimations les plus farfelues. La plupart du temps, on ne connaît tout simplement pas toutes les réponses qui nous permettraient de faire des prévisions inattaquables et c'est lorsque l'on oublie ce fait que l'on court au devant des accidents mêmes que l'on cherche à éviter. Dans le doute, donc, les planificateurs de toute vaste entreprise humaine doivent miser sur la sécurité. C'est dans ce cas, à tout le moins, qu'il est tout à fait souhaitable d'entretenir une légère paranoïa.

On ne peut pousser trop loin le travail de conception technique, faire de la «surconception» si l'on veut, sans se retrouver dans une situation à la fois inutile et non rentable. Si la force statistique brute, c'est-à-dire la simple digestion de masses énormes de données, constitue une approche inacceptable pour la planification offshore, la force brute de la «surconception» avec son inélégance est tout aussi inacceptable. La paranoïa, c'est comme une épice: il faut n'en utiliser qu'un soupçon, au risque de gâcher la sauce. Il existe certainement des circonstances où les conséquences d'un échec sont graves; or, à moins que nous puissions réduire ces risques à un niveau acceptable, nous n'avons rien à faire ici.

Cela nous amène au quatrième facteur: la non-linéarité des chances équivalentes. En principe, une chance de un sur dix de gagner un dollar équivaut à une chance de un sur vingt d'en gagner deux; un risque de un pour cent de perdre la moitié de mon compte de banque équivaut à un risque de un demi de un pour cent de le perdre au complet. Ainsi, mathématiquement parlant, un moindre risque aux conséquences graves est le même qu'un risque plus élevé aux conséquences proportionnellement moins graves. Dans les cas simples, les rapports sont linéaires. Dans la vraie vie toutefois, ces rapports ne se posent plus de façon linéaire pour les cas extrêmes. Ainsi, si je cours une chance sur mille de perdre la vie, je ne cours certainement pas une chance sur deux mille de mourir deux fois! Dans ce cas, je n'ai pas les enjeux.

De même, certaines possibilités sont trop épouvantables pour qu'on ne prenne pas toutes les mesures imaginables pour éviter qu'elles ne se produisent, même jusqu'à un point qui ne se justifierait pas sur le plan strictement mathématique. Prenons un exemple. À notre connaissance, on n'enregistre encore aucune perte de vie liée directement à une émission inattendue de radiations dans une centrale nucléaire. On pourrait donc affirmer que la probabilité de mort causée par l'électricité produite par l'énergie atomique est nulle. L'expérience nous enseigne toutefois que les substances radioactives comportent un risque qui passe souvent inaperçu, jusqu'au moment où il est trop tard.

Dans le cas des centrales nucléaires, des mesures élaborées et redondantes de sécurité sont prises sous formes de mécanismes, de contrôles et de techniques d'exploitation. Ces mesures sont en fait plus rigoureuses que ne le justifient les probabilités, tout simplement en raison de la possibilité que ne survienne la pire des situations. Depuis le temps que l'on utilise les réacteurs, jamais une fusion du

coeur ne s'est produite. Cependant, même si l'on accepte que la probabilité d'un tel accident soit de plus en plus faible, ses conséquences, au moins pour une région urbaine à forte densité de population seraient trop épouvantables pour qu'on les énonce. Les planificateurs des centrales nucléaires doivent donc s'engager en tout premier lieu, dans un genre de serment d'Hippocrate applicable à leur profession, à prendre toutes les mesures pour qu'un tel scénario ne se produise pas.

J'ai délibérément choisi un exemple extrême. Le pire dans le cas d'une plateforme de forage en mer s'est déjà produit; c'est ce qui, entre autres choses, nous amène ici ce soir. Cependant, bien que nous parlions de morts par dizaines plutôt que par dizaines de milliers, le principe demeure. Dans un sens, les concepteurs et les exploitants d'équipement installé sur les plateaux continentaux doivent mettre tout en oeuvre pour que le pire ne se produise pas. Ils doivent garder en tête que certaines situations ne doivent absolument pas se produire. On pourrait dire, pour paraphraser Louis Saint-Laurent (un juriste de profession) que la statistique doit également être une science humaine, que la non-linéarité des chances équivalentes doit jouer en notre faveur.

Vus sous cet angle, même les exercices quantitatifs de l'actuaire prennent un aspect qualitatif, humain, et la statistique, tout comme la pitié a un côté humain. Malheureusement, il n'y a pas que du beau dans les gens. Si la statistique du risque est une science humaine, elle doit refléter autant le bien que le mal. Il est probablement plus rentable de recouvrir tous les puits que de mobiliser des centaines de jours-personnes et de consacrer des milliers de dollars pour mener une opération souvent futile de recherche d'un enfant qui serait tombé dans un de ces puits. Les gens ne sont pas assez sages pour prendre de telles précautions: pour la plupart, nous attendons d'être en situation de crise pour agir. Par contre, un tel héroïsme d'occasion est souvent moins vraiment héroïque, c'est-à-dire, efficace, que toute mesure de prévention qui ne comporte rien de prestigieux. Dans un sens donc le concepteur sage sauvera les gens malgré eux, en choisissant des solutions aussi infaillibles que possible.

Le cinquième facteur à la base de notre solution porte sur la prise de conscience par chacun, de ses responsabilités envers les autres. Comme nous l'avons déjà dit, la nature humaine intervient dans l'évaluation du risque pour le quantifier. La plupart des adultes bien portants, pris individuellement, prennent couramment des risques qu'aucun groupe n'oserait prendre. Prenons par exemple ce que Monsieur-tout-le-monde fait chaque jour. Il dort dans une maison sillonnée de fils électriques qu'il vérifie rarement, il produit des émanations toxiques lorsqu'il conduit sa voiture, chauffe sa maison et fait cuire sa nourriture sur le barbecue. Il se déplace de façon insouciante dans le plus mortel des accessoires, une baignoire au fond glissant. Il utilise des outils mécanisés sans se protéger la vue, ce don inestimable. Mais il n'accepte pas ce même comportement insouciant, lorsqu'il travaille en groupe; en société, en effet, les hommes sont beaucoup plus conservateurs. Ceux-là mêmes qui tondent leur gazon espadrilles aux pieds, sont obligés par la loi de porter des chaussures à embout d'acier pour faire partie d'une équipe chargée de l'entretien des terrains publics.

Il nous faut à tout prix éviter toute forme d'inconséquence individuelle face aux eaux arctiques. Une chose demeure, ceux qui font les plans ne sont habituellement pas ceux qui font face au danger. Si je me coupe un pied en tondant le gazon, c'est ma faute; si par contre, mon insouciance est cause de blessure pour mes compagnons ou entraîne leur mort, ils subissent à ma place les conséquences de mes actes. L'envergure même de l'entreprise rend cet élément encore plus critique car un changement quantitatif important entraîne un changement qualitatif. Il y a tellement de différence entre l'entretien du gazon et l'exploitation en mer quant au nombre d'heures, aux implications financières et aux années-personnes que

M. Kerwin a obtenu en 1949 un doctorat en sciences de l'Université Laval, après avoir obtenu en 1946 une M. Sc. du Massachussetts Institute of Technology. Il a reçu de nombreuses mentions et est titulaire de plusieurs doctorats honorifiques. En 1980, M. Kerwin a été nommé pour un mandat de cinq ans à la présidence du Conseil national de recherches du Canada. À ce titre, il a contribué à sensibiliser le pays à l'importance de la recherche et du développement pour le bien-être de la nation. En 1982, il a été chargé de représenter le Canada au sein d'un groupe de travail mis sur pied à la suite du Sommet économique de juin 1982 en vue d'examiner de quelle façon la recherche et le développement peuvent servir à créer des emplois et contribuer à la relance de l'économie mondiale. Le groupe de travail se compose de représentants de sept pays qui ont participé au Sommet économique et d'un représentant de la Communauté économique européenne.

ces activités deviennent différentes également dans leur essence même.

Un sixième facteur vital entre dans notre solution. En effet, il y a encore une autre façon par laquelle la nature humaine intervient pour déranger les pures prédictions numériques de l'évaluation du risque. Le risque lui-même peut être en partie ce qui attire les travailleurs sur une plate-forme en mer, avec tout ce que cela comporte de danger et d'inconfort. Le risque leur confère d'emblée un statut, que viennent confirmer la rémunération et les avantages qui y sont rattachés. Se pourrait-il qu'on ait de la difficulté à recruter les meilleurs travailleurs pour une plate-forme qui semblerait aussi sécuritaire qu'un salon? En outre, le danger peut être paradoxalement plus grand dans un environnement qui peut sembler trop sécuritaire. Lorsqu'on élimine tout danger apparent, les gens deviennent insouciants. Il reste que les salles d'équipage avec moquette, les piscines et salles de jeux vidéo sont à quelques mètres au-dessus d'un océan qui ne pardonne pas et qui pourrait bien être cause d'une tragédie. Les concepteurs peuvent l'oublier, les travailleurs également, mais la mer ne l'oubliera jamais.

Comme pour bien d'autres domaines, la réponse appropriée à cette menace réside dans la prise de conscience. Le risque élevé comme tel ne se traduit pas nécessairement par un accident si ceux qui prennent le risque le reconnaissent et agissent en conséquence. Demandons-nous ce qui arriverait si en été les conducteurs décidaient de ne plus tenir le bon état de la chaussée pour acquis et se mettaient à conduire comme ils le font en hiver, c'est-à-dire en accélérant doucement, en freinant avec douceur et en conduisant aussi prudemment que si les chemins étaient recouverts de glace. Et malgré qu'on ne puisse peut-être pas être en mesure d'éliminer totalement le risque, le risque faisant après tout partie de la vie, on peut faire tout un bout de chemin sans qu'il ne nous arrive d'accident grave. Il est bien évident qu'on ne peut créer une situation où les accidents ne peuvent arriver, où la loi de la nature empêchera qu'ils ne se produisent. On peut toutefois créer une situation où il n'y a pas d'accident. Dans ce sens, notre conscience peut influencer la loi de la nature. En effet, en combinant de façon judicieuse un bon travail de conception technique, de bonnes méthodes d'exploitation et une formation, on peut éviter toute tragédie.

J'ai parlé de six facteurs qui permettent d'apporter une solution au problème complexe de la sécurité de l'homme dans une entreprise de grande envergure. Chacun des six facteurs est important; l'expert les voit tous, les uns à côté des autres, attendant d'être combinés de quelque façon pour donner une solution. Il y a eu tout d'abord, l'évaluation du risque, qui permet de contourner l'impossibilité d'utiliser la statistique, puis l'analyse coûts-avantages, qui doit demeurer dans le domaine du possible, ensuite, le soupçon de paranoïa nécessaire, qui rend souvent une solution plus acceptable, la non-linéarité des chances équivalentes, qui exclue catégoriquement la pire des situations, le renforcement du sens des responsabilités de chacun envers les autres et en dernier lieu, l'importance de la prise de conscience.

Au mélange judicieux et acceptable de ces facteurs, l'expert doit ajouter le plus important des facteurs, la sagesse. J'ai déjà parlé de la nature de l'excellence; la nature de la sagesse est semblable. Sa reconnaissance est en fin de compte le fruit d'années d'expérience.

C'est en faisant intervenir la sagesse que les experts déterminent la meilleure des nombreuses solutions qu'ils peuvent imaginer à partir des éléments fondamentaux. Pour les questions de sécurité de l'homme, la principale vertu que la sagesse leur donne est la charité ou l'amour désintéressé. Pour répondre à la question «Quel degré de sécurité sommes-nous en mesure d'assurer sur nos installations en mer?», il faut en fait se demander «Jusqu'à quel point les gens qui s'y trouvent comptent-ils pour nous?» Cela nous permettra d'atténuer l'aspect strictement mathématique de nos équations sur la rentabilité et donnera en outre un aspect

humain à nos statistiques. Les vies humaines placées entre nos mains, même si elles sont théoriques, nous sembleront alors plus réelles parce que nous savons que la vie n'a pas de prix. En effet, si nous considérons que la vie de ceux que nous envoyons sur des mers agitées a une valeur supérieure à tout ce qu'ils peuvent obtenir, il nous sera matériellement impossible de poursuivre une entreprise en mer vouée à la catastrophe. C'est ainsi qu'on analysera les facteurs, avec soin, sagesse et amour pour formuler une solution qui soit également acceptable tant du point de vue technique, qu'économique et humain. Il est bien possible qu'il se produise d'autres tragédies découlant de solutions pour lesquelles on n'a pas su faire intervenir la sagesse ou la charité; elles alimenteront les statistiques futures. Mais je sais déjà que grâce aux efforts de la Commission et à la sagesse des gens qui participent à cette conférence, de telles tragédies seront de plus en plus rares.

APPENDICE B

PRINCIPAUX CONFÉRENCIERS

M. C.A. Bainbridge
Vérificateur principal
Lloyd's Register of Shipping
71 Fenchurch Street
Londres (Angleterre)
EC3M 4BS

M. C. Bonke
Président
Division des exploitants offshore
Association pétrolière du Canada
1500, 633-6th Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2G 0H3

M. A. Broussard
Directeur, Recherche et développement
Sonat Offshore Drilling
P.O. Box 2765
Houston (Texas)
77057

M. P. Foley
Chef, Département du génie industriel
Université de Toronto
4 Taddle Creek Road
Toronto (Ontario)
M5S 1A4

M. W. L. Ford
Océanographe
9 Boulderwood Road
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3P 2J3

M. G. L. Hargreaves
Ancien conseiller
U.K. Department of Energy
1 Thorndyke Court
Westfield Park
Pinner
Middlesex (Angleterre)

M. E. Klippenberg
Directeur
Norwegian Defence Research Institute
P.O. Box 25
N-2007 Kjeller
Norvège

M. I. Manum
Directeur technique
Norwegian Maritime Directorate
Sjofartsdirektoratet
Postboks 8123
Thv. Meyersgt. 7
DEP Oslo 1 (Norvège)

M. R. McGrath
Vice-président, Forage
Petro-Canada
407 – 2nd Street S.W.
P.O. Box 2844
Calgary (Alberta)
T2P 2Y3

M. T.S. McIntosh
Vice-président exécutif
Agent d'exploitation en chef
Zapata Corporation
P.O. Box 4240
Houston (Texas)
77210

M. W. Michel
Vice-président
Friede & Goldman Limited
Architectes navals et ingénieurs de marine
Suite 2100
935 Gravier Street
New Orleans (LA)
70112

M. C. Shaar
Président
SeaTek Corporation
7394 Calle Real
Goleta (California)
93117

APPENDICE C

PARTICIPANTS AUX DISCUSSIONS

M. F.H. Atkinson
Vérificateur principal
Lloyd's Register of Shipping
71 Fenchurch Street
Londres (Angleterre)
EC3M 4BS

M. F.H. Atkinson est un architecte naval et un ingénieur breveté (C. Eng.) qui est à l'emploi de la *Lloyd's Register of Shipping* depuis 29 ans. Il est l'auteur de nombreux articles sur la sécurité des navires-citernes et des structures offshore. Membre du *Science and Engineering Council*, M. Atkinson est actuellement à la tête du Groupe des services offshore à la *Lloyd's Register of Shiping*.

Dr C. Brooks
Médecin-chef du Commandement
Quartier-général du Commandement maritime
BPF
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3K 2X0

Le Dr C. Brooks a servi à bord des sous-marins de la *Royal Navy* de 1965 à 1970. Après cinq années de pratique privée en médecine familiale, il est allé exercer la médecine aéronautique à Shearwater (Nouvelle-Écosse) et il a participé à de nombreuses opérations de recherche et sauvetage. Il possède des diplômes en médecine du travail et en médecine aéronautique et il effectue depuis six ans des travaux de recherche et de développement en matière de systèmes de retenue, de tenues d'urgence, d'hypothermie et de gilets de sauvetage à l'Institut militaire et civil de médecine environnementale.

M. I. Denness
Forage en régions pionnières
Gulf Canada Ressources
C.P. 130
Calgary (Alberta)
T2P 2H7

M. Ian Denness a passé de nombreuses années en mer à bord de navires-citernes et ses qualifications lui ont valu d'obtenir le poste d'ingénieur en chef. Au cours des cinq dernières années, il a oeuvré dans le domaine de la sécurité offshore au Royaume-Uni et au Canada. Actuellement à l'emploi de Gulf Canada Ressources, M. Denness préside également un groupe de travail de l'Office des normes générales du Canada qui est chargé d'élaborer les normes applicables aux survêtements protecteurs destinés aux passagers d'hélicoptères, ainsi que le Comité de sécurité de la Division des exploitants offshore de l'APC.

M. L. Draper
Océanographe
Institute of Oceanographic Sciences
Wormley, Godalming
Surrey (Angleterre)
GU8 5UB

M. L. Draper est océanographe-conseil à l'Institute of Oceanographic Sciences du Royaume-Uni. Les vagues sont pour M. Draper un domaine d'intérêt et d'expertise; il a déjà dirigé l'Étude du climat des vagues au Canada.

Dr H. Haakonson
Directeur des services médicaux
Petro-Canada Ressources
C.P. 2844
Calgary (Alberta)
T2P 3E3

Le Dr H. Haakonson est actuellement directeur des services médicaux à Petro-Canada. Il a été dans l'armée pendant 24 ans et comme médecin-chef du Commandement maritime à Halifax, il a dirigé les services médicaux destinés à l'ensemble du personnel des FC dans les Maritimes.

M. T. Haavie
Directeur général
Submarine Engineering
Ranch House, Thairstone, Inverurie
Aberdeenshire (Écosse)
AB5 9NT

M. Thor Haavie est un architecte naval qui possède quatorze années d'expérience dans la conception des semi-submersibles. Il a été membre du groupe Aker H3 et c'est lui qui a conçu le SSV *Uncle John* et le SSV *Stadive*. Il est actuellement directeur général du service du génie sous-marin à Aberdeen.

M. J. Hielm
Planificateur principal d'urgence
Elf Aquitaine Norge A/S
P.O. Box 168
4001 Stavanger (Norvège)

De 1951 à 1970, M. J. Hielm a travaillé dans le domaine du contrôle de la circulation aérienne en Norvège et il s'est spécialisé dans les opérations de recherche air-mer. En 1970, il s'est joint au tout nouveau service de sauvetage norvégien, puis en 1975, il est entré à la Elf Aquitaine Norge à titre de chef de section. Il a depuis présenté de nombreux articles sur la planification d'urgence à des conférences internationales.

M. G.R. Lindsey
Chef
Quartier général de la Défense nationale
Centre d'analyse et de recherche opérationnelle
Ottawa (Ontario)
K1A 0K2

M. G.R. Lindsey est diplômé des universités de Toronto, Queen's et Cambridge et il a travaillé dans les domaines de la physique nucléaire, de la recherche opérationnelle, des études stratégiques et de la futurologie. Il a été président de la Société canadienne de recherche opérationnelle et il dirige le Centre d'analyse et de recherche opérationnelle du ministère canadien de la Défense nationale depuis 1967.

M. W. Martinovich
Vice-président exécutif
Earl & Wright
One Market Plaza
Spear Street Tower
San Francisco (Californie)
94105

M. W. Martinovich possède une vaste expérience de la conception des navires et il est connu internationalement. Il est à l'emploi de la Earl & Wright depuis 1956 et c'est lui qui a dirigé la préparation des plans de la première semi-submersible de cette compagnie, la *Bluewater 2*, en 1963. Il a aussi guidé la conception des séries *SEDCO H*, 600, 700 et 800 et il est l'un des directeurs de la SEDCO, Inc. Il est vice-président exécutif de la Earl & Wright depuis 1979.

M. D.J. Riffe
Ingénieur principal des projets
Gulf Oil Corporation
Box 36505
Houston (Texas)
77236

M. D.J. Riffe possède un baccalauréat en technique de protection contre l'incendie et en technique de sécurité industrielle ainsi qu'une maîtrise en sciences de l'environnement. En 1981, après avoir acquis une vaste expérience dans le domaine de la sécurité à l'emploi de différentes industries, M. Riffe s'est joint à la Gulf Research & Development Co. où il s'occupe maintenant de la coordination des travaux de protection contre l'incendie, de sécurité et d'aménagement de l'environnement dans le cadre de plusieurs projets offshore, au sein de la Division de l'exploration et de la production pétrolière.

M. B.P.M. Sharples
Président
Noble, Denton & Associates
580 Westlake Park Blvd.
Suite 1240
Houston (Texas)
77079

M. B.P.M. Sharples possède un doctorat en technique de la construction et toute sa carrière est liée à l'industrie pétrolière. Depuis 1970, M. Sharples s'occupe de la préparation d'une grande variété de plates-formes mobiles et fixes en acier et en béton en vue de leur remorquage, de leur installation et de leur exploitation. Il est actuellement président de Noble, Denton et Associates.

M. W. Speller
Superviseur, Évaluation offshore
Affaires environnementales
Petro-Canada
15e étage, Tour ouest Petro-Canada
C.P. 2844
Calgary (Alberta)
T2P 3E3

M. W. Speller est titulaire d'un doctorat en écologie de la flore et de la faune de l'Arctique et il a effectué de nombreux travaux pour le compte du gouvernement canadien en matière de coordination et de gestion de la recherche sur la flore et la faune et d'évaluation des incidences environnementales. Depuis 1980, il s'emploie à la gestion de l'évaluation des incidences biologiques et physiques offshore pour Petro-Canada. Il est actuellement président du Comité de l'environnement de la Division des exploitants offshore de l'Association pétrolière du Canada.

M. G.P. Vance
Adjoint technique auprès du gestionnaire
des projets de la côte est
Mobil Oil Canada Ltd
12th Floor, York Centre
145, King Street West
Toronto (Ontario)
M5W 2M1

M. G. Vance possède un doctorat en génie océanique de l'Université du Rhode Island et une maîtrise en administration de l'Université de New Haven. De 1957 à 1978, il a effectué divers travaux pour la *U.S. Coast Guard* et il a notamment participé à des travaux de recherche et de développement liés au transport dans l'Arctique. Après avoir travaillé pendant deux ans au laboratoire de génie et de recherche sur les régions froides de l'armée américaine, il s'est joint à la Mobil Oil en 1980 où il est à présent conseiller technique pour tous les projets de la côte est de Mobil Oil Canada.

M. M. Vermij
Spécialiste en génie électrique et mécanique
Centre du génie de la sécurité aérienne
Bureau de la sécurité aérienne
Transports Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0N8

M. M. Vermij est titulaire d'un baccalauréat en génie mécanique et d'une maîtrise en génie des matériaux. Il travaille depuis vingt ans dans les domaines de l'aviation, de l'optique et de l'électronique comme constructeur d'instruments et maquettiste et il est à l'emploi de la Division du génie et de la sécurité aérienne de Transports Canada depuis 1975, à titre de spécialiste en analyse électrique et mécanique.

M. F. Williford
Vice-président adjoint
SEDCO, Inc.
1901 North Akard
Dallas (Texas)
75201

M. F. Williford travaille depuis vingt ans dans le domaine du forage offshore. Depuis 1967, il exerce ses activités au Canada. Il est actuellement vice-président adjoint de SEDCO, Inc. et il est responsable de toutes les opérations de forage de la SEDCO en Amérique du Nord et en Amérique du Sud.

M. H.L. Zinkgraf
Vice-président
SEDCO, Inc.
1901 North Akard
Dallas (Texas)
75201

M. H.L. Zinkgraf a commencé sa carrière au sein de la Baylor Company à Houston et, de 1958 à 1971, il a travaillé pour la plupart des grandes sociétés pétrolières et des plus importants entrepreneurs en forage au monde. Il est actuellement vice-président de la Division du forage à la SEDCO et il s'occupe de la conception et de la mise en oeuvre des systèmes utilisés dans les opérations de forage en mer.

APPENDICE D

PARTICIPANTS

M^me^ I. Baird
Sous-ministre adjoint
Politique et planification
Direction generale du petrole
3^e^ etage, Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. Chester Barrett
Vice-president
Universal Helicopters
C.P. 518
Waverley (Nouvelle-Ecosse)
B0N 2S0

M. A Batcup
Directeur
Ministere des Mines et de l'Energie
Immeuble Joseph Howe
C.P. 1087 Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B3J 2X1

M. R. Bell
Président
Manadrill Drilling Management Inc.
Suite 203B
9705 Horton Road S. W.
Calgary (Alberta)
T2V 2X5

M. S. Ben Lamin
Directeur du génie
Forage en régions pionnières
Gulf Canada Ressources Inc.
C.P. 130
Calgary (Alberta)
T2P 2H7

M. J. Benoît
Océanographe
Mobil Oil Canada Limited
C.P. 62 – Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

LCdr Charles E. Bills
Chef de la Section des projets spéciaux
Service du génie
U.S. Department of Transportation
United States Coast Guard
Washington (D.C.)
20593

M. Neil Blackburn
Directeur de region – Terre-Neuve
Mobil Oil Canada Ltd
C.P. 62 – Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

M. John F. Borum
Vice-président
American Bureau of Shipping
65 Broadway
New York (N.Y.) 10006

M. L.V. Brandon
Directeur general
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Direction du génie
355 chemin River
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

M. Per Brevig
Statoil
P.O. Box 1508 Nidarvoll
N-7001 Trondheim
Norvège

M. Frank Brodie
Avocat-conseil principal
Énergie, Mines et Ressources Canada
580 rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

M. D.E. Bruce
Direction – Operations de zone
Zapata Off-Shore Company
Zapata Tower
P.O. Box 4240
Houston (Texas)
77210-4240

M. A.A. Bruneau
President
Bruneau Resources Management Limited
C.P. 5130
173 Water Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5V5

Professeur W. Carson
Professeur de droit
LaTrobe University
Bundoora Victoria
Australie 3083

M. Robin Carter
Amiraute et Droit maritime
Ministère de la Justice
Immeuble de la Justice, pièce 250 Angle
Kent & Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0H8

M. A.E. Collin
Sous-ministre associe
Energie, Mines et Ressources Canada
580 rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

M. K.C. Curren
Directeur general régional
Garce côtiere canadienne
C.P. 1013
Dartmouth (Nouvelle-Ecosse)
B2Y 4K2

Dr D. Dahlman
Directrice des Services médicaux
Région de l'Ouest
Imperial Oil Ltd.
Centre régional de la santé
Esso Plaza
237 Fourth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 0H6

M. J.J.S. Daniel
Directeur
Hollobone, Hibbert & Associates
28/30 Little Russell Street
Londres, WC1A 2HN
Angleterre

M. L.W. Davidson
Seaconsult Limited
194 Duckworth Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 1G5

M. Frank Dello Stritto
Ingenieur océanologue
Mobil Oil Canada Ltd.
C.P. 62, Atlantic Place
215 Water Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

M. E. Dudgeon
Directeur
Division du génie mécanique
Conseil national de recherches
Edifice M2, pièce 207,
Chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

M. W. Duncan
President, Association canadienne des entrepreneurs en plongée
Vice-président
Wolf Sub-Ocean Limited
C.P. 1447
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5N8

M. P.J. Esbensen
Specialiste en sécurité maritime
National Transportation Safety Board
Washington (D.C.)
20594

M. John Fitzgerald
Directeur exécutif
Direction générale du pétrole – Terre-Neuve et Labrador
C.P. 4750
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. R. Fodchuk
Chef, Logistique & Administration
Shell Canada
Suite 1810, Queen's Square
45 Alderney Drive
Dartmouth (Nouvelle-Ecosse)
B2Y 2N6

M. R.J. Fulleylove
Coordonnateur de la sécurité
BP Company PLC
Britannic House
Moor Lane
Londres EC2Y 9BU, (Angleterre)

Vice-amiral A.J. Fulton
R.R. #1 Mahone Bay (Nouvelle-Écosse)
B0J 2E0

M. G. George
Directeur
Comité interministériel sur la recherche et le sauvetage (CIRS)
Quartier général de la Défense
Ottawa (Ontario)
K1A 0K2

M. E. Gold
Directeur exécutif
Programme d'études océanographiques de Dalhousie
Université Dalhousie
1321 Edward Street
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3H 4H9

M. G. Gosse
Sous-ministre adjoint
Gestion des ressources pétrolières
Direction générale du pétrole – Terre-Neuve et Labrador
C.P. 4750
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. J. Gow
Directeur, Prévention des sinistres et Sécurité
Mobil Oil Canada Limited
12th Floor, 145 King Street W.
York Centre
Toronto (Ontario)
M5W 2M1

M. W. Green
Sous-ministre adjoint
Ministère de la Main-d'oeuvre et du Travail
Beothuck Building, Crosbie Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3Y8

M. V. Greif
Directeur du matériel offshore
SEDCO, Inc.
Cumberland Hill
1901 North Akard
Dallas (Texas) 75201

M. M. Griesert
Vice-président
Earl & Wright
Consulting Engineers
One Market Plaza
Spear Street Tower
San Francisco (Californie)
94105

M. J.M. Ham
Professeur de sciences, technologie et gestion des affaires publiques
Room 210D, Rosebrugh Building
Faculté des sciences appliquées et du génie
Université de Toronto
Toronto (Ontario)
M5S 1A4

M. W.M. Hannon
Vice-président
American Bureau of Shipping
65 Broadway
New York (N.Y.) 10006

Colonel P.G. Harle
Quartier général de la Défense
14 Tour Sud
101 Promenade Colonel By
Ottawa (Ontario)
K1A 0K2

Commodore G. Harwood
Chef d'état-major, Opérations
Commandement maritime
BPF
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3K 2X0

M. R. Hawco
Direction générale du pétrole
Gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador
C.P. 4750
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. J.R. Hawkins
Chef
Esso Ressources, Groupe de recherche de pointe
Esso Ressources Canada
237 Fourth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 0H6

M. N. Hendy
Architecte naval
Burness, Corlett & Partners
Shipdesine House
East Quay Ramsey
Île de Man

M. C. Henley
Directeur, Terre-Neuve
BP Exploration Canada Limited
6th Floor, Royal Trust Building
139 Water Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 1B2

M. A.J. Holleman
Président
A.J. Holleman Engineering Limited
C.P. 5317
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5W1

M. J. Hornsby
Directeur général
Transports Canada
Sécurité des navires
Tour A – 10e étage
Place de Ville
Ottawa (Ontario)
K1A 0N7

Dr A.M. House
Directeur
Centre for Offshore & Remote Medicine (MEDICOR)
Faculté de médecine
Centre des sciences de la santé
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3V6

M. L. Humphries
Directeur général régional
Garde côtière canadienne
C.P. 1300
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6H8

M. R.E Johnson
Architecte naval
Marine Accident Division
National Transportation Safety Board
800 Independence Avenue
Washington (D.C.) 20594

M. A.B. Kettles
Surveillant, Contrôle des pertes
Bow Valley Industries Limited
Box 6610
Succursale postale «D»
1800, 321 Sixth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 3R2

M. I. Kilgour
Shell Canada
Suite 1810, Queen's Square
45 Alderney Drive
Dartmouth (Nouvelle-Ecosse)
B2Y 2N6

Dr J. Kirkbride
Directeur
Unité d'hygiène du travail
Direction générale des services médicaux
Santé et Bien-être social Canada
Du Charun
Tunney's Pasture
Ottawa (Ontario)
K1A 0L3

M. P. Klem
Ingénieur en chef de la recherche
Service de la Sécurité maritime
The Ship Research Institute of Norway
P.O. 6099-Etterstad Grenseveien 99 Oslo
(Norvège)

M. R. Langdon
Sous-ministre adjoint
Ministère de la Main-d'oeuvre et du Travail
Beothuck Place
Crosbie Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3Y8

M. G. Langley
Gestionnaire maritime
Petroleum Industry Training Services
East Coast Division
1105 Bank of Montreal Tower
5151 George Street
Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B3J 1M5

M. F. Leafloor
Représentant, Sécurité et formation
Husky/Bow Valley East Coast Project
215 Water Street
C.P. 79, Suite 810
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

Professeur N. Letalik
Programme des études océaniques
Université Dalhousie
1321 Edward Street
Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B3H 3H5

M. R. Loomis
Superviseur, Génie mécanique et forage
ODECO
ODECO Building
1600 Canal Street
P.O. Box 16780
New Orleans (LA) 70161

M. D.G.A. MacKenzie
Directeur, Services de forage
BP Company PLC
Britannic House
Moor Lane
Londres EC2Y 9BU
Angleterre

Dr H. Manson
Directeur adjoint
Centre for Offshore & Remote Medicine
Faculté de médecine
Centre des sciences de la santé
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3V6

M. R.L. Markle
Chef intérimaire, Direction des systèmes de survie
Merchant Vessel Inspection Division
Office of Merchant Marine Safety
U.S. Coast Guard
Washington (D.C.) 20593

M. C. Martin
Conseiller supérieur en matière de politique
Bureau du Premier ministre
Confederation Building
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. C.S. Mason
Chef océanographie côtière
Institut d'océanographie de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B2Y 4A2

Captain S.J. Masse
Inspection maritime
United States Coast Guard
Marine Safety Office
447 Commercial Street
Boston (MA) 02109

M. W. Matthews
Directeur du forage
Mobil Oil Canada Limited
C.P. 62, Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

M. C. McCormick
Sous-ministre adjoint
(Élaboration de programme)
Ministère de l'Éducation
Confederation Building
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. W. Milne
Chef, Construction navale
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 3X5

M. G.R. Mogridge
Conseil national de recherches
Division du génie mécanique
Immeuble M-32
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

M. R. Morrisson
Gulf Canada Ressources Inc.
C.P. 130
Calgary (Alberta)
T2P 2H7

M. H. Morton
Président, CAODC Côte Est
Sonat Offshore Canada Limited
C.P. 548
Mount Pearl (Terre-Neuve)
A1N 2W4

M. D. Muggeridge
Professeur de génie
Faculté du génie et des sciences appliquées
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 3X5

M. D. Murdey
Directeur adjoint
Institut de la dynamique marine
Conseil national de recherches
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

M. T. Nasseri
Det norske Veritas
Suite 1110
1021 Southport Road S.W.
Calgary (Alberta)
T2W 4X9

M. C. Newhook
Administrateur exécutif
The *Ocean Ranger* Families Foundation
3e etage
2 Adelaide Street
C.P. 626, succursale «C»
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 4H4

M. C. Noll
Direction générale du pétrole – Terre-Neuve et Labrador
C.P. 4750
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. J. O'Brien
Président
Canadian Offshore Vessel
Operators Association (COVOA)
Husky Oil Marine Services
Anchorage House
1869 Upper Water Street
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2Z1

M. A.D.J. O'Neill
Directeur régional
Service du milieu atmosphérique
5th Floor Bedford Tower
1496 Bedford Highway
Bedford (Nouvelle-Écosse)
B4A 1E5

M. L. O'Reilly
Vice-président
Collège des pêcheries
Marine, Navigation & Electronics
C.P. 4920
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5R3

M. K. Oakley
Directeur régional
Association pétrolière du Canada
Division des exploitants offshore
Suite 800, Toronto Dominion Place
140 Water Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5W1

M. A.E. Pallister
Président
Pallister Resource Management Limited
Box 3500
2020, 800 Fifth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 2P9

M. A. Parker
Directeur des ressources énergétiques
Ministère des Mines et de l'Énergie
Joseph Howe Building
C.P. 1087
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2X1

M. J. Parsons
Conseiller, Opérations offshore
Direction générale du pétrole
Gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador
C.P. 4750
Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. W. Parsons
Fédération de la main-d'oeuvre
Terre-Neuve et Labrador
55 Bond Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 1S9

M. J.S. Pawlowski
Institut de la dynamique marine
Conseiller national de recherches
Chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

M. D. Pease
Surintendant, Mer
Husky/Bow Valley
East Coast Project
Suite 810
215 Water Street
C.P. 79
Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

M. T.D. Petty
Président
ODECO Engineers Inc.
ODECO Building
1600 Canal Street
P.O. Box 61780
New Orleans (LA) 70161

M. H. Popoff
Vice-président
Forage offshore
Bow Valley Resources Services Limited
C.P. 6620
Succ. «D»
1700 321 Sixth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 2V8

M. W. Potter
Directeur général
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Suite 102
Cogswell Tower
2000 Barrington Street
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 3K1

M. R.A. Quail
Commissaire
Garde côtière canadienne
Place de Ville, Tour «A»
320 rue Queen
19e étage, pièce 1921 Ottawa (Ontario)
K1A 0N7

M. W. Rama
Specialiste associé en génie
Mobil Oil Canada Ltd.
1004-1809 Barrington Street
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 3K8

M. J. Ransom
Coordonnateur, Environnement
Mobil Oil Canada Ltd.
C.P. 62, Atlantic Place
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6C9

M. R. Rettie
Ingénieur en forage
Chevron Canada Resources Limited
500 5th Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 0L7

M. H. Rolfsman
Gotaverken Arendal AB
P.O. Box 8733
S-40275 Goteborg
Suède

M. H. Rudd
Directeur général – Région de l'AtlantiquePetro-Canada
Bank of Montreal Building
Suite 600
5151 George Street
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 1M5

M. M. Ruel
Directeur général
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
Direction de la protection de l'environnement
355 chemin River
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

M. W. Russell
Président
National Petroleum & Marine Consultants Limited
C.P. 5850
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5Y3

M. R.G. Scott
Vice-président
Canterra
C.P. 1051
Calgary (Alberta)
T2P 2K7

M. B.J. Seaman
Président
Bow Valley Resources Services Limited
C.P. 6620
Succ. «D»
1700, 321-6th Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 2V8

M. K.O.J. Sidwell
Directeur, Affaires gouvernementales
Association canadienne de normalisation
178 Rexdale Blvd.
Rexdale (Ontario)
M9W 1R3

M. D. Smith
Currie, Coopers, Lybrand, Management Consultants
2400 Bow Valley Square
Calgary (Alberta)
T2P 3G6

M. F. Smith
Président
NORDCO Limited
C.P. 8833
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3T2

M. P.N. Smith
Petro-Canada
15th Floor, Petro Canada West Tower
C.P. 2844
Calgary (Alberta)
T2P 3E3

M. R. Smith
Petro-Canada
15th Floor, Petro Canada West Tower
C.P. 2844
Calgary (Alberta)
T2P 3E3

M. J. Spappen
Texaco Ressources Canada
C.P. 3333
Calgary (Alberta)
T2P 2P8

Capitaine R. Spellacy
Vice-président
Association canadienne des opérateurs de navires offshore
Crosbie Offshore Services Limited
Crosbie Building
C.P. 12092
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3T5

M. H. Snyder, O.C., ing.
Professeur
Faculté de génie
Université Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3Y5

M. R. Stacey
NORDCO Limited
C.P. 8833
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3T2

M. W. Stephens
Vice-président, Opérations
Sealand Helicopters Limited
C.P. 5188
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5V5

M. R. Street
Hollobone, Hibbert & Associates
28/30 Little Russell Street
Londres, WC1A 2HN
Angleterre

M. D. Strong
Inspecteur
Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
5e étage
Toronto Dominion Place
140 Water Street
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 6H6

M. V. Swail
Chef
Marine Applications Unit
Canadian Climate Centre
4905 Dufferin Street
Downsview (Ontario)
M3H 5T4

M. J. Thistle
Division du droit civil
Services juridiques
Ministere de la Justice
Confederation Building
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. I. Townsend Gault
Ecole de droit de Dalhousie
1321 Edward Street
Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B3H 4H9

M. P. Troop
Sous-ministre adjoint
Procureur general
Amiraute et Droit maritime
Ministere de la Justice
Immeuble de la Justice, piece 250
Angle Kent & Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0H8

M. J. Turton
Vice-president
Survival Systems Limited
110 Mount Hope Avenue
Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B2Y 4K9

M. G. Van Heuven
Inspecteur de la securite
Ministere des Mines et de l'Energie
Joseph Howe Building
C.P. 1087
Halifax (Nouvelle-Ecosse)
B3J 2X1

M. B. Virtue
Directeur
Division des exploitants offshore
Association petroliere du Canada
Suite 1500
633 6th Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 2Y5

Mme S. Vorner-Kirby
Secretariat d'arbitrage des pipelines
Energie, Mines & Ressources
Contentieux
580 rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

M. R.B. Wardlaw
Conseil national de recherches
Aerodynamique des faibles vitesses
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

M. R. Waymouth
Canterra
C.P. 1051
Calgary (Alberta)
T2P 2K7

M. W. Wetmore
Directeur – Formation et
perfectionnement
Petroleum Industry Training
Service
2115-27 Avenue N. E.
Calgary (Alberta)
T2E 7E4

M. B. White
Directeur
Publics Affairs Department
Zapata Tower
P.O. Box 4240
Houston (Texas)
77210-4240

D. R. Williams
Sous-ministre associe a la sante
Ministere de la Sante
Confederation Building
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5T7

M. D.L. Wilson
Superviseur, Genie offshore
Standard Oil Co. of California
3 Embarcadero Centre
P.O. Box 7141
San Francisco (California)
94120-7141

M. J.R. Wilson
Directeur
Direction des Services des donnees sur le
milieu marin
Pêches & Oceans Canada
7 Ouest
240 rue Sparks
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

M. G. Yungblut
Premier vice-president
EPI Resources
Suite 412
151 rue Sparks
Ottawa (Ontario)
K1P 5E3

M. K.J. Yurkowski
Esso Ressources Canada
237 Fourth Avenue S.W.
Calgary (Alberta)
T2P 0H6

APPENDICE E

COMITÉ DU PROGRAMME

PRESIDENT	**L'honorable Gordon A. Winter, O.C.** Vice-president de la Commission royale
	M. Jan Furst, ing. Commissaire
	M. M.O. Morgan, C.C. Commissaire
	M. A.E. Collin Sous-ministre associe Energie, Mines et Ressources Canada
	M. John Fitzgerald, ing. Directeur executif Direction generale du petrole – Terre-Neuve et Labrador
	M. David M. Grenville Secrétaire de la Commission
	M. Bevin R. LeDrew Directeur des etudes Commission royale
	M. Kenneth Oakley, ing. Directeur regional Division des exploitants offshore Association petroliere du Canada
VICE-PRESIDENT DE LA CONFÉRENCE	**M. G.R. Peters, ing.** Doyen – Génie et Sciences appliquees Universite Memorial de Terre-Neuve
PRESIDENT DE LA CONFERENCE	**Dr O.M. Solandt, C.C.** Conseiller principal aupres de la Commission royale
COORDONNATEUR DE LA CONFÉRENCE	**M. Neil Penney** Directeur de l'administration et des finances Commission royale

APPENDICE F

PRÉSIDENTS DE LA CONFÉRENCE

PRESIDENT DE LA CONFERENCE

Dr O.M. Solandt, C.C.
Conseiller principal aupres de la
Commission royale
The Wolfe Den
R.R. nº 1
Bolton (Ontario)
L0P 1A0

VICE-PRESIDENT DE LA CONFERENCE

M. G.R. Peters, ing.
Doyen - Genie et Sciences appliquees
Universite Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3X5

PRESIDENT DE LA DEUXIEME SEANCE

M. R.A. Hemstock, ing.
Président élu
Conseil canadien des ingenieurs
1011 Royal Ave., S.W.
Calgary (Alberta)
T2T 0L8

PRESIDENT DE LA TROISIEME SEANCE

M. G.M. MacNabb
President
Sciences naturelles et genie
Conseil de recherches
Chemin de Montreal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

PRESIDENT DE LA QUATRIEME SEANCE

M. A.J. Mooradian
Vice-président principal
Énergie atomique du Canada Ltee
Bureau de la société
275 rue Slater
Ottawa (Ontario)
K1A 0S4

PRESIDENT DE LA CINQUIEME SEANCE

M. J.E. Hodgetts
Professeur émérite
Université de Toronto
R.R. nº 1
Mohone Bay (Nouvelle-Écosse)
B0J 2E0

CONFERENCIERS INVITES

M. L. Harris
President
Universite Memorial de Terre-Neuve
Saint-Jean (Terre-Neuve)
A1B 3X5

M. G.R. Harrison
Ancien president
Canadian Marine Drilling Ltd
675 Bering Drive
Houston (Texas)
77057

M. L. Kerwin
President
Conseil national de recherches du Canada
Bureau de l'administration
Chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

Photographie par Manfred Buchheit.
Ce livre est composé en Helvetica en utilisant Times
Roman pour les titres.
Conception par Dougal Dunbar.